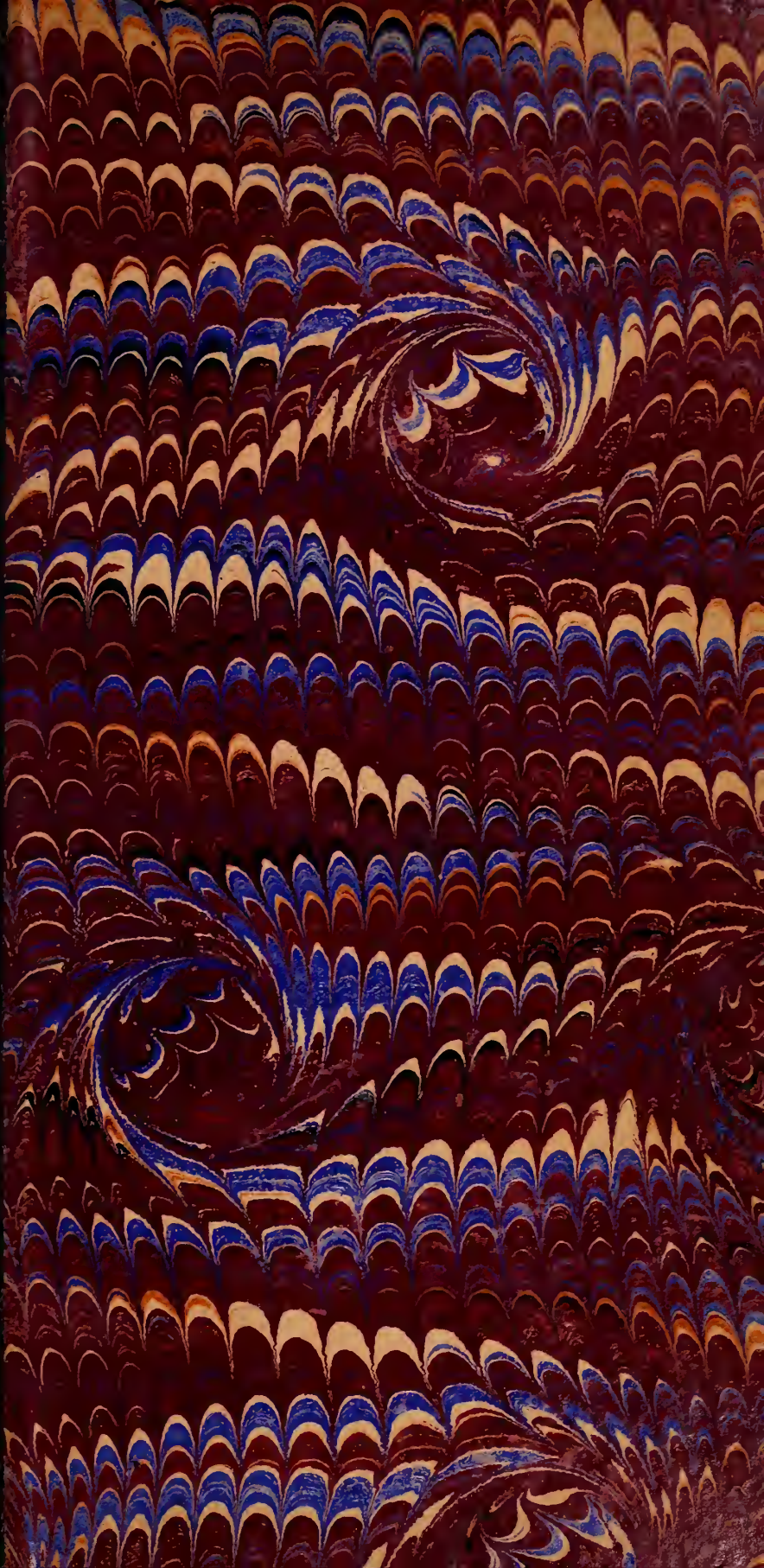


Q56
.R47
*

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

5.06 B

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE
TOME XII — 20 JUILLET 1907
(TRENTE ET UNIÈME ANNÉE; TOME LXII DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1907

08.[illegible]

STÉPHANE LEDUC

A-T-IL CRÉÉ DES ÊTRES VIVANTS[1] ?

Le 26 novembre 1906, d'Arsonval présentait à l'Académie des Sciences une note de Stéphane Leduc (2) intitulée *Culture de la cellule artificielle*. « Semé » dans une solution aqueuse contenant de la gélatine, du ferrocyanure de potassium et du chlorure de sodium, un granule de sulfate de cuivre et de sucre « pousse » en un temps qui varie de quelques heures à quelques jours. On décrit au produit des tiges, des feuilles, des organes terminaux, on lui attribue des

(1) Conférence faite à l'assemblée générale du 10 avril 1907, de la Société scientifique. — Bien que Stéphane Leduc ait nettement déclaré, comme on le verra plus loin, qu'il n'a pas prétendu avoir créé des êtres vivants, nous avons choisi ce titre pour opposer notre travail à l'article publié dans Le Matin du 21 décembre 1906 : « *Va-t on faire de la vie ? Miracles. Comment un savant crée des êtres vivants.* »

(2) Le docteur Stéphane Leduc est professeur de physique à l'École de Médecine de Nantes. Voici, en manière de biographie, quelques extraits d'articles le concernant :

Lorsque le 7 décembre 1906 Leduc vint à Paris faire dans les salons de la Société de chirurgie une conférence sur ses tentatives de biologie synthétique, il fut présenté par le professeur Roger en termes élogieux et salué comme l'auteur « de trois découvertes dont une seule suffirait à illustrer un savant » (Cf. Presse Médicale, 8 décembre 1906).

Voici, d'autre part, le portrait de Stéphane Leduc tracé par un de ses élèves, le docteur Octave Béliard (Journal de Médecine de Paris, 6 janvier 1907) :

« Lorsque, petit écolier monté en graine, je m'assis sur les bancs de l'École de Médecine de Nantes, la première figure qui arrêta mes regards fut celle du professeur Leduc, et ce fut aussi la dernière. Elle se détachait sur le groupe de maîtres tous éminents et zélés, avec une puissante originalité, et, du reste, l'homme se tenait un peu à l'écart. On disait qu'il avait « ses idées », ce qui signifiait qu'il pensait autrement que ses confrères.

» Fervent libre-penseur, acquis au grand dessein des réformes sociales, il luttait de toute sa personnalité de savant pour les conceptions monistes. Ce

fonctions jusqu'ici considérées comme caractéristiques de la vie.

Le développement de ces arborescences chimiques dénommées pour la circonstance « plantes artificielles » n'est pas une nouveauté; l'ancienneté des travaux, d'ailleurs classiques, réalisés par Traube, sur ce sujet est même une des raisons de leur oubli apparent. Les

triple aspect l'isolait dans son laboratoire et les jeunes Nantais, frais émoulus des petits séminaires, murmuraient parfois sourdement, à son cours, quand le geste incisif de son index fauchait un dogme. C'est peut-être pour cela que je l'aimais. Je l'aimais encore pour son histoire ou sa légende. Leduc, disait-on, avait été ouvrier tourneur sur métaux, et un sentiment romanesque avait à l'origine stimulé l'énergie de ce savant impassible. Artisan pendant le jour, il avait veillé des nuits pour conquérir ses diplômes, et sa lampe ne s'était pas éteinte après la conquête.

» Quand le cours finissait, nous étions quelques fidèles à l'entourer. Il causait, il était doux, indulgent, presque timide. Nous partagions « ses idées », mais il apaisait de sa longue main d'intellectuel nos haines juvéniles; ses idées, nos idées, devaient être défendues et implantées sans faire de mal à personne, par leur seule logique. Et il partait seul, à grands pas, boutonné dans sa redingote et sa canne sous le bras. Les cheveux blancs et ras, sa barbe en pointe, le nez mince et chevauché par un lorgnon d'or, il semblait, avec sa grande taille, un Méphistophélès bénin détenant les secrets de la nature et de la vie. Avec cela, il souriait souvent et son sourire était fin, calme et patient. Je ne l'ai jamais vu autrement; il était toujours égal à lui-même. »

Dans un article de la Revue Moderne de Médecine et de Chirurgie, n° 1, janvier 1907, intitulé *Grands pantins, petits potins*, le signataire, L. Thuillier, écrit sur Stéphane Leduc les lignes qui suivent : « Ce savant modeste se trouve par hasard être l'ami de M. Briand; il a même, paraît-il, dans le temps, fait campagne à ses côtés. C'est là, d'ailleurs, son moindre mérite. Ses expériences ingénieuses, ses théories sur les ions, lui constituent des titres autrement solides que ceux qu'il doit à l'amitié d'un homme arrivé. On pensa donc à lui pour une chaire aux environs de la Sorbonne. Le décret était prêt, il allait être signé. Mais on avait compté sans la rivalité des gens déjà nantis. Tout ce monde fit bloc au dernier moment; on prêta à notre malheureux confrère des idées qu'il n'avait jamais eues; on omit, sciemment ou non, les citations où l'expérimentateur, dont la bonne foi ne saurait être mise en doute, faisait état de l'œuvre de ses devanciers. Bref, on mena un tel tapage que M. Briand, malgré toute son audace, n'osa passer outre et réintégra le décret dans son tiroir. »

Les lignes qui précèdent nous montrent les *coulisses de la plasmogénie* que le lecteur pourra voir décrites dans un article de Paul Combes, Cosmos, 1907, p. 21, tandis que dans les *varia* de la Semaine Médicale du 30 janvier 1907 il trouvera une excellente mise au point de la question, avec le résumé des documents produits au cours du débat que firent naître à la tribune de l'Académie des Sciences les publications retentissantes de Stéphane Leduc.

déductions nouvelles échafaudées par Stéphane Leduc sur des recherches rajeunies et vulgarisées par lui, ne pouvaient néanmoins manquer d'attirer l'attention. L'école évolutionniste s'était jusqu'ici appliquée à reconstituer tous les chaînons qui unissent les êtres depuis les plus élevés jusqu'aux plus infimes. Mais, en admettant le problème résolu, le chaînon d'origine, celui qui unit les êtres vivants à la matière non vivante, celui-là restait introuvable et voilà que Stéphane Leduc pense l'avoir découvert. Cette déclaration sensationnelle fit beaucoup de bruit. Les laboratoires allaient-ils donc créer de la vie? Telle était la question posée par les grands quotidiens. Le premier enjouement battait encore son plein, la presse extra-scientifique brûlait de l'encens aux pieds du travailleur modeste confiné dans un obscur laboratoire de province, la capitale devait le recueillir et le traiter avec les honneurs dus à son talent, mais déjà, le monde savant avait fait le procès de ce qu'il y avait de fantaisiste dans les conceptions de Stéphane Leduc. Un verdict de condamnation était prononcé au sein même de la docte Société qui avait publié dans ses comptes rendus les notes de l'auteur sur la croissance des plantes artificielles.

Nous nous en serions voulu de ne pas chercher à nous faire une idée personnelle sur l'évolution et la nature de ces productions qui avaient soulevé tant de polémiques, et c'est le résultat des remarques faites au cours de ces expériences que nous allons exposer. Nous y joindrons l'étude générale de la question afin de permettre au lecteur de se faire une opinion exacte et de se reporter, au besoin, aux documents originaux.

Pour être complet, il faudrait analyser en outre les théories nouvelles du biomécanisme, du néovitalisme, de la plasmogenèse, dont Harting, Schroen, Benedikt, Jules Félix, Herrera, Stéphane Leduc... sont les

principaux défenseurs. A l'exemple d'Haeckel, c'est le problème de la génération spontanée que soulève cette école, désireuse surtout, semble-t-il, de démontrer la fausseté « de l'existence d'un principe légendaire agissant en dehors des lois de la Mécanique » (1), car, ajoute un autre savant : « Le chaos, d'où Dieu fit en un jour mémorable sortir le monde d'après la Bible, est un mythe et une fable comme celle de Croquemitaine et du loup-garou; comme tous les dogmes créationnistes, qui ne sont qu'erreurs et mauvaises spéculations (2) .»

Pareille boutade pourrait sans grand dommage être bannie d'un livre scientifique. Elle est choisie entre beaucoup d'autres semblables, semées à profusion, pour montrer la tendance de cette nouvelle école, dont nous ne pouvons discuter les conceptions, notre but étant uniquement de critiquer l'œuvre de Leduc.

Avant d'entrer dans le cœur du sujet, il est bon d'en bien préciser les termes et d'exposer quelques principes fondamentaux. Il s'agira d'êtres vivants, on parlera de phénomènes d'osmose : un mot sur ces deux points.

Voyons tout d'abord comment, dans l'état actuel de la science, on explique le *mode de formation des êtres vivants en général.*

L'élément primordial et fondamental est la cellule, *souvent* limitée par une membrane d'enveloppe, renfermant *toujours* une gouttelette de protoplasma avec un noyau. Le protoplasma, véritable gelée vivante, « base physique de la vie », *présente les caractères des matières albuminoïdes;* sa composition chimique est parfois légèrement variable, mais on y retrouve toujours

(1) Dr Benedikt, *Biomécanisme et Néovitalisme en Médecine et en Biologie.* Traduction française par Robert Tissot. Paris, Maloine, éditeur, p. 104.

(2) Jules Félix, *La Vie des Minéraux. La Plasmogenèse et le Biomécanisme universel*, p. 35.

du carbone, de l'oxygène, de l'hydrogène, de l'azote, du soufre associés d'une part à des matières ternaires et minérales et d'autre part à des diastases, des alcaloïdes, etc... Il y a des cellules sans membrane, il n'y en a pas sans noyau au moins diffus (1); il n'y en a aucune sans protoplasma. Voilà pour le substratum anatomique, mais la particularité physiologique de la cellule vivante est d'être douée d'un pouvoir énergétique bien défini.

La cellule primordiale forme, en se divisant, un organisme plus ou moins complexe. Le noyau joue le rôle principal dans cette division, qui est tantôt directe, tantôt indirecte. Dans ce dernier cas, le phénomène porte le nom de cariocinèse (2) ou mitose (3), et il s'accompagne de modifications structurales du noyau et du protoplasma; on observe des figures successives bien caractérisées et bien connues des naturalistes.

Les cellules naissent donc successivement les unes des autres. Elles se groupent, et leur agencement réciproque détermine la morphologie des êtres vivants.

Celui qui possède ces données classiques ne peut réprimer un mouvement de surprise en lisant les travaux de Stéphane Leduc sur ses tentatives de biogenèse. Eh! quoi, cet auteur écrit que la cellule, forme élémentaire de la substance vivante organisée, se compose « d'une membrane d'enveloppe, d'un contenu colloïdal : le cytoplasme, et d'un noyau » (4). Puis, quelques lignes plus loin il ajoute, à propos de cellules artificielles faites en semant des gouttes de ferrocyanure sur une plaque de gélatine : « ces cellules

(1) Bactéries.

(2) κάρυον, noyau et κίνησις, mouvement; bien que le mot *cariocinèse* soit plus conforme à l'orthographe française, on écrit souvent aussi *karyokinèse*.

(3) μίτος, filament.

(4) Revue Scientifique, 1906, t. I, p. 228.

sont semblables aux cellules vivantes, elles ont la même forme polyédrique et les mêmes organes : membrane d'enveloppe, cytoplasme, noyau ».

Ce n'est pas tout, bientôt Leduc décrit dans ses cellules liquides les figures de la cariocinèse, dont il observe les phases se succédant les unes aux autres dans l'ordre décrit par les biologistes (1). Après ces considérations il ajoute : « Enfin j'ai pu réaliser par les forces physiques les phénomènes de nutrition, d'organisation et de croissance » (2), et le voilà arrivé à la description de ses fameuses plantes dont on a tant parlé, et que beaucoup ont voulu voir.

Cette manière de présenter les faits peut en imposer, car cette évolution : cellule initiale, division cellulaire et production d'un organisme compliqué, se retrouve dans l'étude de la formation des êtres vivants. Mais il faut séparer deux catégories de travaux que Leduc semble s'ingénier à confondre. Un lien réel et non contesté les unit, il est vrai, mais pour ne pas induire en erreur le lecteur curieux de théories nouvelles, il est nécessaire d'envisager bien à part : 1° l'étude des cellules artificielles, et 2° l'étude des plantes artificielles; les secondes, en effet, ne dérivent nullement des premières.

La question des cellules artificielles sera brièvement traitée.

Des gouttes de sang défibriné ou d'encre de Chine semées dans un milieu convenable donnent, en vérité, des schémas cellulaires fort intéressants à étudier. Une portion des particules colorées s'accumulant au centre, on pourra *par analogie* l'appeler noyau, tandis que *par analogie* encore on baptisera membrane la matière colorante qui entraînée par les phénomènes d'osmose s'accumule à la périphérie.

(1) *Les Bases physiques de la vie et la Biogenèse.* 1906, Masson et Cie, p. 8. — Revue Scientifique, 1906,

(2) *Loc. cit.*, p. 11.

Pour reproduire les phénomènes de la cariocinèse, il faut avoir recours à divers artifices que *par analogie* encore on qualifiera de fécondation. Une goutte colorée hypotonique entre deux gouttes colorées hypertoniques donnera des figures qui, suivant l'habileté de l'opérateur, reproduiront celles observées dans la mitose.

Ces reproductions ont un grand intérêt démonstratif. La théorie des champs de force de diffusion explique bien des phénomènes cellulaires jusqu'ici mystérieux. Mais ces cellules, ou plutôt ces schémas cellulaires n'ont point la moindre vie. Il ne suffit pas de reproduire certains aspects ou certains phénomènes physiques observés dans les cellules vivantes pour dire que l'on a créé des cellules vivantes. Ne l'oublions pas, et Stéphane Leduc lui-même le reconnaît, le protoplasma est la base physique de la vie; or les schémas cellulaires ne contiennent pas dans leur membrane la gelée vivante indispensable à la vie; la conclusion s'impose d'elle-même : les cellules liquides ne peuvent être vivantes.

Ce même argument pourrait être présenté à propos des plantes artificielles qui vont désormais nous arrêter longuement; mais avant de montrer leur croissance et leurs variétés, avant de répondre aux conceptions de Leduc, avant d'examiner l'œuvre de ses devanciers, ces trois points faisant l'objet principal de ce travail, nous rappellerons brièvement les principes généraux des phénomènes d'osmose.

L'osmose n'étant qu'un cas particulier de la diffusion, décrivons celle-ci.

Quand on superpose avec précaution deux liquides de densité différente, par exemple, de l'eau et du vin, on voit ce dernier, qui plus léger était d'abord resté à la partie supérieure, se répandre progressivement dans l'eau sous-jacente et la colorer. On obtient bientôt une solution d'eau et de vin aussi intime que si l'on avait eu

recours à une agitation mécanique. Ce mélange, en apparence spontané, n'est autre que la diffusion. Quand ce phénomène s'effectue entre deux liquides non plus superposés mais séparés l'un de l'autre par une membrane, il prend le nom d'osmose. L'osmose est, en somme, la diffusion de deux liquides à travers une membrane interposée.

Si l'on plonge dans l'eau distillée un tube fermé par une membrane de parchemin et rempli d'une solution sucrée, les deux liquides se mélangent comme dans l'exemple précédent. Malgré la membrane, l'eau vient diluer la solution sucrée et le sucre passe dans l'eau distillée. Il y a donc deux courants en sens inverse mais de valeur inégale : l'eau passe dans la solution sucrée d'autant plus abondamment que la solution est plus concentrée, et l'on voit le niveau du liquide s'élever dans l'osmomètre. Si le tube est bouché au lieu d'être ouvert en haut, la pénétration de l'eau se traduit par une modification de la forme de la membrane qui bombe et peut même crever. Si le tube bouché est muni latéralement d'un manomètre à mercure, la dénivellation du mercure indique la pénétration d'eau et le développement, à l'intérieur du système, d'une certaine pression d'autant plus forte que la solution plus concentrée attire plus d'eau. Cette pression s'appelle la pression osmotique. Ce *premier exemple* est relativement simple.

Si on plonge l'appareil non plus dans l'eau distillée, mais dans une solution diluée de chlorure de calcium, la diffusion se produit dans les mêmes conditions : le chlorure de calcium pénètre dans l'osmomètre, le sucre en sort tandis que la solution la plus concentrée absorbe de l'eau. Ce phénomène se manifeste suivant les conditions de l'expérience, soit par l'élévation du liquide à l'intérieur du tube, soit par le changement de

forme de la membrane, soit par le déplacement du mercure d'un manomètre.

Mais pour compliquer encore, prenons un vase poreux, vase de pile par exemple, rempli d'une solution de sulfate de cuivre. Cette solution pénètre à travers les pores du récipient et serait susceptible de le traverser si la pression était suffisante, car un vase poreux est un filtre pur et simple. Mais si, après l'avoir rempli de sulfate de cuivre, on le plonge dans une solution de ferrocyanure de potassium, le nouveau liquide pénètre à son tour dans les pores du récipient, non plus de dedans en dehors mais de dehors en dedans, les deux solutions se rencontrent dans l'épaisseur de la cloison. Ces deux liquides précipitent l'un par l'autre : mis en présence, ils forment à la surface de contact un précipité solide de sulfocyanure de cuivre qui bouche les pores du filtre, et le transforme en un osmomètre différant des précédents par sa membrane dite hémiperméable, car tout en laissant passer l'eau qui vient diluer la solution la plus concentrée, elle arrête au passage les molécules salines.

Reprenons les deux exemples de tout à l'heure, dans ces conditions nouvelles.

Premier cas : Un osmomètre à membrane de ferrocyanure de cuivre est rempli d'une solution concentrée de sucre, on le plonge dans l'eau distillée.

L'eau passe dans l'osmomètre, le sucre ne peut plus en sortir, à l'inverse de ce qui se passerait avec un appareil muni d'une membrane en parchemin.

Deuxième cas : Un osmomètre à membrane de ferrocyanure de cuivre est rempli d'une solution concentrée de sucre, on le plonge dans une solution diluée de chlorure de calcium.

L'eau passe dans l'osmomètre, le chlorure de calcium n'y peut pas pénétrer; le sucre n'en peut pas

sortir. La membrane est perméable à l'eau, imperméable aux molécules salines (1).

Cette pénétration d'eau se manifeste par les mêmes phénomènes que tout à l'heure : le niveau de l'eau s'élève si le tube est ouvert; dans un tube bouché relié à un manomètre, la dénivellation du mercure permet de lire la valeur de la pression développée à l'intérieur de l'appareil. Si la pression est forte, si la membrane est faible, une rupture est inévitable. Lorsque, cassant un œuf avec précaution, on en laisse tomber le jaune dans l'eau distillée, des phénomènes osmotiques se passent au sein de cet organe. Les sels contenus dans le jaune absorbent de l'eau et la cellule se gonfle tant et si bien que la membrane cède et met en liberté le contenu, qui se répand dans l'eau distillée. Voilà un type d'osmomètre fragile. La membrane qui entoure le granule de sulfate de cuivre jeté dans une solution ferrocyanurée se comporte comme la pellicule du jaune d'œuf. Mais le contenu, c'est-à-dire le sulfate de cuivre, s'échappe dans un milieu exerçant vis-à-vis de lui une action chimique énergique. Ce granule est purement et simplement un osmomètre à paroi : 1° *hémiperméable;* 2° *fragile;* 3° *susceptible de cicatriser instantanément ses blessures*, étant données les circonstances de l'expérience. Ce dernier point, capital si l'on considère le résultat, est accessoire si l'on a seulement en vue l'essence du phénomène.

(1) Différents sels précipitant avec le ferrocyanure de potassium peuvent constituer des types variables de membranes hémiperméables. Mais on peut en obtenir aussi en faisant réagir du tannin sur de la gélatine, ou certains sels métalliques sur du silicate de soude ou de potasse.

Il ne faut pas croire toutefois que les membranes dites hémiperméables ne se laissent traverser par aucun sel. Elles en arrêtent un grand nombre, mais pas tous. La membrane de ferrocyanure de cuivre se laisse traverser par le chlorure de potassium, celle de tannate de gélatine est perméable pour le chlorhydrate d'ammoniaque et le nitrate de baryte.

I

Passant maintenant à l'étude des arborescences chimiques obtenues dans la gélatine; exposons successivement : 1° la manière de les produire; 2° la théorie de leur développement; 3° leur morphologie variée.

I. *Technique.* — Voici la technique que nous nous sommes tracée d'après les indications de S. Leduc. Nous préparons séparément : 1° Une solution aqueuse de gélatine à 8 p. c.; 2° une solution contenant pour 100 cc. d'eau 10 grammes de ferrocyanure de potassium et 2 gr. 50, ou 5 grammes, 10 grammes ou 15 grammes de chlorure de sodium. En prenant une gélatine de bonne qualité, on obtient sans filtration une solution limpide. Pour constituer un milieu contenant 1 gramme de gélatine et 2 grammes de ferrocyanure, il suffit, si l'on conserve la gélatine dans un bain-marie tiède, de prendre 12 cc. 5 de la première solution, 20 cc. de la seconde, et de compléter avec de l'eau distillée en quantité suffisante pour faire 100 cc. Grâce à cette manière d'opérer, on obtient un mélange marquant 22 à 25°, température favorable pour un certain nombre d'expériences, surtout si l'on retarde la prise de la gélatine en opérant dans une pièce modérément chauffée (20°) (1). Au lieu de 20 cc. de solution ferrocyanurée à 2 p. c., on peut tout aussi facilement en prendre 40 cc., 60 cc. Si on complète avec la solution gélatineuse et l'eau distillée pour faire 100 cc., on obtient des milieux à 4 p. c. et 6 p. c. On peut donc sans peine obtenir toute une gamme de liquides de concentration différente. Il est aussi facile

(1) Il va sans dire que ces chiffres n'ont rien d'absolu, tantôt on cherchera à obtenir une température plus élevée, souvent même une plus basse. La température de solidification de la gélatine est un facteur important à considérer, et variable suivant les divers échantillons.

de faire varier la richesse en gélatine : 25 cc. donneront un mélange à 2 p. c., et ainsi de suite.

La fabrication des granules est très simple. Leduc préconise : sulfate de cuivre, 1 partie; saccharose, 2 parties (1). On pile le sulfate de cuivre et le sucre, et on ajoute de l'eau distillée en quantité suffisante pour faire une pâte servant à confectionner de petites boulettes qu'on laisse ensuite sécher. On peut très avantageusement remplacer le sulfate de cuivre par du sulfate de zinc, mais l'emploi de cobalt, de nickel, de fer, de manganèse, de cadmium, ne nous a guère réussi.

La solution gélatineuse ferrocyanurée étant placée dans un large tube (tube de Violette ou tube même plus large), on y laisse tomber un granule qui va se développer conformément à la théorie suivante.

II. *Théorie du développement.* — Il se forme autour du granule projeté dans la solution gélatineuse ferrocyanurée, une pellicule de ferrocyanure de cuivre précipité : c'est là le premier temps. Le second est constitué par la *pénétration de l'eau* qui s'effectue à travers la membrane hémiperméable de ferrocyanure de cuivre. Mais en raison de cette pénétration, la tension augmente à l'intérieur du granule, tant et si bien que la membrane crève (c'est là le troisième temps) et laisse échapper une partie du contenu. Un nouveau facteur intervient alors pour limiter l'essor de ce contenu : c'est l'action chimique du sulfate de cuivre sur le ferrocyanure de potassium. Il se forme instantanément une nouvelle membrane de ferrocyanure de cuivre qui entoure la gouttelette fugitive et s'adapte aux parois de la déchirure. La cellule est de nouveau entièrement close; voilà le quatrième temps. La pénétration d'eau se faisant d'une façon incessante, la paroi crève une seconde fois, puis une troisième, etc... Chaque tentative d'évasion du contenu est entravée

(1) Nous avons employé du glucose dans nos expériences.

par l'emprisonnement instantané de la gouttelette récalcitrante et la prison, bien que fragile, est terriblement sûre. Ces crevaisons successives ont pour résultat de produire l'accroissement de la graine, et, suivant les circonstances de milieu, de température,... on obtient des formes variées. Cet éclatement de la paroi est particulièrement bien visible dans les solutions ferrocyanurées à 5 ou 7 p. c. Dans les solutions plus diluées, au lieu d'un gonflement sphéroïdal de la graine, d'où part bientôt un bourgeon à la suite duquel s'en alignent d'autres, on observe un *étalement* du granule qui forme comme un parterre d'où s'élèvent ultérieurement un certain nombre de tigelles. Ces considérations font déjà partie de l'explication de la morphologie des plantes.

III. *Morphologie des arborescences.* — En milieu ferrocyanuré concentré on observe en général, au début tout au moins, une tige unique et robuste qui s'élève du granule. Elle a un aspect moniliforme, qui prouve sa formation par des gouttes de liquide expulsées successivement en dehors de la membrane primitive. Quand la teneur en ferrocyanure est plus faible, on constate au contraire plusieurs tigelles qui naissent de la masse étalée au fond du tube.

Il est possible que cette différence bien marquée du mode de développement des granules suivant la richesse en sels du milieu puisse s'expliquer par des variations de densité. En effet, si au lieu de laisser tomber le granule jusqu'au fond du tube, on le suspend à un fil qui le retient dans une position intermédiaire, on observe en général l'évolution suivante :

a) Gélatine : 1 p. c.; Ferrocyanure : 2 p. c.; NaCl : 1 p. c. (fig. 1, A, B.)

En un point quelconque du granule se forme comme une hernie et la masse tombe de haut en bas, suivant

l'action de la pesanteur. Elle atteint le fond du tube, s'y étale en forme de parterre d'où s'élèvent verticalement, de bas en haut cette fois, des tigelles ou des appendices foliacés. Mais, dans d'autres cas, la masse ne gagne pas le fond du tube; à un moment donné, au déve-

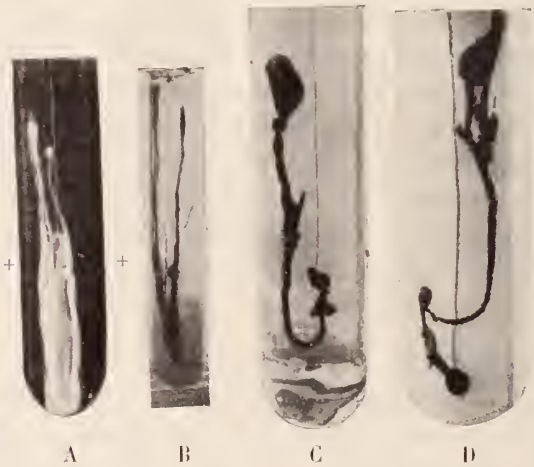


Fig. 1

A. — Obtenue avec un granule de Sulfate de zinc. B, C, D. — Obtenues avec des granules de Sulfate de cuivre. Dans les quatre préparations le granule est suspendu par un fil, une croix indique la hauteur de sa position dans A et B. On la reconnaît aisément dans C et D.

A, B. — Milieu : ferrocyanure de Potassium 2 p. c.; Na Cl 1 p. c.; Gélatine 1 p. c.

C, D. — Milieu : ferrocyanure de Potassium 6 p. c.; Na Cl 3 p. c.; Gélatine 1 p. c.

A, B présentent des types de développement de haut en bas, puis de bas en haut.

C. — Type de développement de bas en haut; toutefois, au début de la formation la tige qui s'élevait verticalement est tombée, a passé au-dessous du granule, mais a repris ensuite sa croissance ascendante. Le même phénomène s'est produit aussi en D, mais ici la chute a été incomplète et l'arborescence garde la physionomie prévue.

loppement de bas en haut succède un développement de haut en bas, et de la masse principale se détachent cette fois encore un certain nombre de tigelles ascendantes.

b) Gélatine : 1 p. c.; Ferrocyanure : 6 p. c.; NaCl : 3 p. c. (fig. 1, C, D.)

Le granule suspendu dans la gélatine se dilate, puis à la partie supérieure on constate la production d'un bourgeon à la suite duquel va se développer de bas en haut une tige moniliforme qui servira de support aux formations ultérieures. Tout se passe donc comme si la solution de sulfate de cuivre et de sucre qui se forme à l'intérieur du granule était toujours moins dense qu'une solution gélatineuse ferrocyanurée dans la proportion de 6 p. c. et salée au titre de 3 p. c. Dans un milieu conforme à la première formule, le contenu du granule semblerait avoir au début une densité plus élevée que celle de son milieu. Mais par suite de l'absorption incessante d'eau, il y aurait dilution de la solution, diminution de sa densité qui deviendrait bientôt inférieure à celle de la solution ferrocyanurée, d'où changement de direction du mode d'accroissement. Ces données expliquent certaines différences morphologiques observées dans des arborescences croissant en hauteur. Mais elles font comprendre qu'il est possible d'obtenir, au moins avec les solutions faibles, des croissances en surface, en algue ainsi que le dit S. Leduc, qui sont intéressantes à considérer.

Voici un des types que nous avons obtenus (fig. 2). Nous avions placé un granule de sulfate de cuivre au

Fig. 2. — Croissance en algue. Granule de Sulfate de cuivre : Milieu : Ferrocyanure 2 p. c. ; Chlorure de sodium 1 p. c. ; Gélatine 1 p. c.

centre d'une bouteille plate disposée horizontalement, remplie de solution ferrocyanurée à 2 p. c., salée à 1 p. c.

et contenant 1 p. c. de gélatine. Le développement s'est d'abord fait en surface, et ses irrégularités sont la cause de l'intérêt que présente cette figure. Il s'est fait aussi en hauteur, mais les tigelles sont restées naines ou ont atteint l'autre surface de la bouteille, s'y étalant dans un plan parallèle au premier.

Revenons aux arborescences en hauteur, plus faciles à réaliser que les précédentes. Il nous reste à examiner la raison des différents aspects qu'elles présentent.

Nous avons vu dans quelles circonstances se développent les arborescences à tiges multiples et grêles ou à tige unique et moniliforme. Mais pourquoi certaines formations restent-elles filamenteuses (fig. 3, *a*), pourquoi dans d'autres voit-on les tiges se terminer par des boules (fig. 3, *b*), des corps en battants de cloche (fig. 3, *c*), ou encore par des sortes de feuilles (fig. 3, *d*)? Pourquoi voit-on parfois des feuilles naissant de la même base d'où s'élèvent les tiges? Pourquoi dans certains cas observe-t-on des arborescences naines constituées par de larges feuilles qui s'échappent du granule? Peut-on expliquer et produire à volonté toutes ces variétés?

Le hasard déjoue parfois les projets de l'expérimentateur, mais on peut admettre qu'il est relativement facile, en opérant toujours avec les mêmes produits, d'obtenir des types prévus d'avance. L'état physique de la gélatine joue, à côté de la teneur en ferrocyanure, un rôle considérable. En le faisant varier plus ou moins rapidement, on modifie profondément l'aspect général de la production.

Tant que la gélatine est liquide, on observe des formations cylindriques s'élevant verticalement et partant soit de la graine, soit de la masse qui en est sortie.

Quand la gélatine fait prise, on constate la production de formes lamelleuses d'aspect plus ou moins foliacé. Ces productions partent de la base, ou ter-

minent la tige moniliforme souvent unique qui se développe dans les milieux ferrocyanurés à 5 p. c. Les tigelles multiples des solutions ferrocyanurées plus faibles se terminent le plus souvent par des renfle-

Fig. 3. — Schéma montrant l'influence de l'état physique et de la composition quantitative du milieu

a) Arborescence presque entièrement filamenteuse. Le développement a été obtenu en milieu ferrocyanuré faible (d'où étalement du granule) et il a été achevé avant la prise de la gélatine (d'où absence d'organes terminaux). — *b)* Arborescence d'organes terminaux en boules. L'étalement du granule est dû à la faible teneur du milieu en ferrocyanure; les renflements terminaux se sont formés dans la gélatine semi-fluide. Dans les arborescences à base de SO^4Zn nous avons souvent observé une sorte de capsule transparente entourant la terminaison sphéroïdale. — *c)* Organes terminaux en battants de cloche. L'étalement du granule est dû à la même cause. La forme des organes terminaux se produisant dans la gélatine semi-fluide est due à l'augmentation de la teneur en gélatine. — *d)* Arborescence obtenue en milieu riche en ferrocyanure. Tige moniliforme unique surmontant le granule à paroi transparente, à travers laquelle on aperçoit une partie non dissoute. La formation dénommée tige se développe en gélatine liquide, les appendices foliacés qui la surmontent se développent en gélatine solide ou semi-fluide.

ments d'aspect variable mais adoptant plus particulièrement l'aspect de boules dans les solutions gélatineuses

à 1 p. c., l'aspect de battants de cloche dans les solutions gélatineuses à 2 p. c. ou plus.

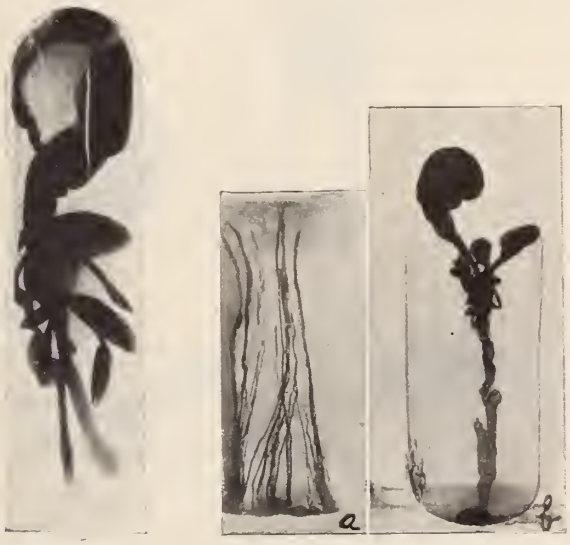
La figure précédente schématise les observations que nous venons de résumer. Les photographies aussi sont sériées de façon à démontrer l'influence de la concentration du milieu en ferrocyanure (fig. 1 et 5). Ce facteur n'est cependant pas le seul qui intervienne pour varier la morphologie. La rapidité de la prise de la gélatine

Fig. 4. — Arborescences obtenues avec les granules de Sulfate de zinc en milieu contenant : ferrocyanure de Potassium 2 p. c.; chlorure de Sodium 1 p. c. Remarquer les formations filamenteuses (gélatine liquide 1 p. c.), en boules (gélatine à 1 p. c.), en battants de cloche (gélatine à 2 p. c.).

a également une grande influence. Quand cette prise est tardive on obtient des arborescences hautes, avec des tiges, tigelles, organes terminaux, folioïdes de formes variables. Quand la prise est relativement rapide, on observe des arborescences plus ou moins naines rappelant les plantes grasses ou des champignons de formes variées. Pour obtenir de jolis types, il est bon d'opérer dans des tubes larges de 5 à 6 centimètres. Le milieu suivant : Gélatine 4 p. c., ferrocyanure 2 p. c.,

NaCl 1 p. c., nous a donné d'excellents résultats, et nous reproduisons quelques dessins des productions obtenues, leur examen montrant mieux que toute description la variété des formes observées (fig. 6 à 9).

D'après ce que nous venons de dire, il est donc possible de faire une sorte de classification de ces



A *B*

Fig. 5. — *A*. Arborescence obtenue avec granule de SO^4Cu dans milieu contenant : gélatine 2 p. c.; ferrocyanure de Potassium 5 p. c.; chlorure de Sodium 2,50 p. c. — *B*. Arborescences obtenues avec granules de Sulfate de zinc; *a)* le milieu contient : ferrocyanure de Potassium 2 p. c.; chlorure de Sodium 1 p. c., développement dans la gélatine liquide 1 p. c.; *b)* ferrocyanure de Potassium 5 p. c.; chlorure de Sodium 2,50 p. c.; gélatine 2 p. c.

arborescences et de distinguer, outre les croissances en surface :

1° Des productions filamenteuses pures et simples;

2° Des productions filamenteuses avec organes terminaux soit en boules, soit en battants de cloche;

3° Des productions foliacées : *a)* accompagnant des tigelles cylindriques munies ou non d'organes termi-

naux; *b)* s'échappant du granule ou d'une masse ayant fait hernie hors de lui; *c)* couronnant une tige moniliforme.

IV. D'autres artifices permettent de compléter cette série de variétés.

A

Fig. 6*A*. — Granule Sulfate de cuivre, glucose. Gélatine 4 p. c.; Ferro 2 p. c.; Na Cl 1 p. c. Le granule s'étale en partie au fond du vase et de cette membrane horizontale s'élèvent des filaments verticaux grêles, plus ou moins longs et terminés par des boules ou des renflements cylindriques. Latéralement on voit une large feuille aplatie qui se développe dans la gélatine solidifiée.

B

Fig. 6*B*. — Granule Sulfate de cuivre et glucose. Gélatine 4 p. c.; Ferro 2 p. c.; Na Cl. 1 p. c. Léger étalement de la graine d'où partent quelques tiges portant des organes terminaux de formes diverses.

Suivant la nature du granule, on obtient des arborescences de couleurs différentes, des brunes avec le sulfate de cuivre, des blanches avec le sulfate de zinc, des bleues avec le sulfate ferrique (1). En mettant dans un même vase des granules de sulfate de cuivre et des

(1) Ce dernier sel toutefois ne nous a pas donné de bons résultats.

granules de sulfate de zinc, on peut obtenir des arborescences panachées fort curieuses. Si la graine se développe entièrement en gélatine liquide, on obtient

Fig. 7. — Granule de Sulfate de zinc et glucose. Gélatine 4 p. c.; Ferro 5 p. c.; NaCl 2,50 p. c.

uniquement des formes cylindriques sans feuilles ni organes terminaux. Des alternatives de solidification et de fusion du milieu permettent aussi de produire un

autre genre de variétés. Si on liquéfie seulement la partie inférieure de la gélatine, les tiges s'étalent sous forme de feuilles horizontales au moment où elles rencontrent la gélatine solidifiée. Il en est évidemment de même dans le cas où la gélatine fait prise plus rapidement à la surface. Mais il arrive aussi, et le fait s'observe particulièrement bien avec les granules

Fig. 8. — Granule Sulfate de cuivre et glucose. Gélatine 4 p. c.; Ferro 2 p. c.; Na Cl 1 p. c. Le granule se développe en un milieu refroidi rapidement. Il pousse les tiges I. II. III et leurs organes terminaux. Ces trois tiges sont rapprochées les unes des autres. Mais on porte au bain-marie la portion inférieure du tube. La gélatine fond jusqu'à un certain niveau et les tiges I. II. III accolées se séparent pour prendre la position indiquée par la figure. Un grand nombre de tiges grêles se développent alors dans la gélatine liquéfiée, la plupart naissent du granule et croissent rapidement jusqu'au niveau de la gélatine non solubilisée. Elles se fusionnent à ce niveau pour former une feuille aplatie et semi-circulaire.

de sulfate de cuivre évoluant dans un milieu ferrocyanuré à 5 p. c., il arrive aussi que la tige monte directement jusqu'à la surface sans produire de feuilles étalées. Il se forme alors une espèce de cratère d'où s'échappe sous forme d'une perle couleur émeraude la solution de sulfate de cuivre et de sucre, et cette

solution s'étale peu à peu à la surface de la gélatine. Mais si au moyen d'un tube évasé, légèrement chauffé (ceci pour faire fondre un peu la gélatine), on capte la goutte de sulfate de cuivre, on voit le liquide s'élever dans le tube, et l'arborescence initiale se prolonge maintenant par un osmomètre des plus classiques (fig. 10).

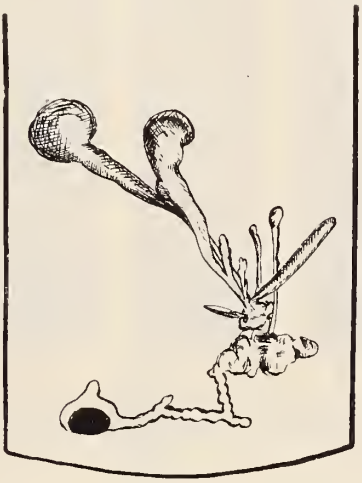


Fig. 9. — Granule Sulfate de cuivre et glucose. Gélatine 4 p. c.; Ferro 5 p. c.; Na Cl 2,50 p. c.

La graine est entourée d'une membrane presque transparente d'où se détache un tube moniliforme à trajet un peu compliqué. Il se produit à son extrémité un amas informe d'où partent un certain nombre de feuilles aplaties, dont deux atteignent un développement considérable, tandis que les autres restent stationnaires.

A la place de faire des granules de sulfate de cuivre évoluant en milieu ferrocyanuré, on peut faire des boulettes de ferrocyanure, de potassium et de sucre que l'on projette alors dans des milieux gélatineux additionnés de sulfate de cuivre, nitrate de cobalt, sulfate de zinc, sulfate de cadmium, dans la proportion de 5 p. c. ou plus. On pourrait, avec beaucoup de chances de réussite, faire des recherches dans cette voie. Les

arborescences prennent des formes se rapprochant par certains côtés de celles qui se produisent en gélatine ferrocyanurée, elles en diffèrent par certains autres.

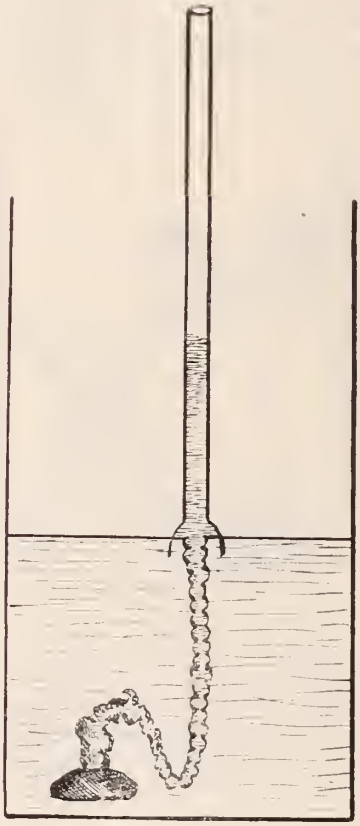


Fig. 10. — Le granule de Sulfate de cuivre se développe dans un milieu contenant ferrocyanure 5 gr. Na Cl 2 gr. 50. Gélatine 4 gr. On assiste à la production d'une tige moniliforme, qui atteint la surface de la gélatine et on voit sourdre une goutte verdâtre de Sulfate de cuivre. Cette goutte grossit progressivement et s'épancherait en nappe à la surface de la gélatine, si elle n'était captée par un tube de verre qui transforme en osmomètre l'arborescence primitive. On voit alors le liquide s'élever dans le tube.

Nous nous contentons de donner quelques figures capables de renseigner le lecteur (fig. 11).

Fig. 11. — Granules de ferrocyanure de potassium et de sucre. Milieu SO^4 Cu 5 p. c.; Na Cl 2,50 p. c.; Gélatine 1 p. c.

II

Connaissant maintenant certaines formes arborescentes obtenues par divers artifices en milieu ferrocyanuré, il est facile de discuter les conceptions de Stéphane Leduc. *Et tout d'abord a-t-il la prétention d'avoir créé la vie?*

Non, répond-il clairement dans une communication à l'Académie des Sciences, le 7 janvier 1907 (1). Voici ses propres paroles : « Je n'ai pas dit, ainsi qu'il est indiqué dans la note de M. Becquerel, avoir reproduit « tous les phénomènes de la vie latente et manifestée »

(1) Comptes rendus, p. 39.

mais bien certaines fonctions considérées comme caractéristiques de la vie. »

Prenons bonne note de cette déclaration nette et précise. Elle est tardive et présente les caractères d'une véritable rétractation. Dans ses écrits antérieurs la plume de Stéphane Leduc a peut-être dépassé la pensée du Maître, mais le lecteur formule son jugement d'après les phrases qu'il a sous les yeux. Et ici pas de doute possible.

Le Matin du 21 décembre 1906, contient un article signé Docteur Stéphane Leduc et intitulé : « *Va-t-on faire de la vie? Miracles. Comment un savant crée des êtres vivants* ». Voilà certes un titre par lui-même très explicite, bien que le texte ne contienne pas d'affirmation catégorique, l'auteur disant seulement : « J'ai reproduit les phénomènes de nutrition par intussusception, d'organisation et de croissance qui jusqu'ici étaient considérés comme caractéristiques de la vie. »

On lit par ailleurs, dans la brochure de St. Leduc : *Les Bases physiques de la vie et la Biogenèse* (1) :

« J'ai pu réaliser, par les forces physiques, les phénomènes de nutrition, d'organisation, de croissance (p. 11) »... « Ces trois fonctions : nutrition par intussusception, croissance et organisation, considérées jusqu'ici comme caractéristiques de la vie, se trouvent ainsi réalisées par les forces physiques. Les croissances des cellules artificielles sont très sensibles à tous les excitants physiques et chimiques; elles cicatrisent leurs blessures : lorsqu'une tige est brisée avant l'achèvement de la croissance, les fragments se juxtaposent et se ressoudent et la croissance recommence. Une seule fonction reste à réaliser pour achever la synthèse de la vie : la reproduction en série. Je considère ce problème comme du même ordre que ceux déjà résolus (p. 13). »

(1) Masson et Cie, éditeurs. — Conférence faite sous le patronage de la Presse Médicale, le 7 décembre 1906.

Dans un article antérieur publié dans la REVUE SCIENTIFIQUE, 1906, pages 225 et 265, on lit cet autre passage : « Le phénomène de la croissance est considéré comme un des plus caractéristiques de la vie. C'est en raison de leur accroissement dans les eaux-mères que les cristaux sont souvent comparés aux êtres vivants; pour les différencier, les biologistes insistent sur ce que les cristaux croissent par juxtaposition, comme un mur s'accroît par les pierres que l'on juxtapose successivement, tandis que les êtres vivants croissent par intussusception, la substance d'accroissement s'incorporant à leur propre substance. Dans des communications nous avons décrit la croissance par intussusception de la cellule artificielle. » A la conclusion on lit cette phrase : « Nos ressources scientifiques sont actuellement suffisantes pour nous permettre, à côté de la biologie analytique, d'élever la *biologie synthétique* ». On pourrait à ces citations en ajouter d'autres, éparses çà et là, plus ou moins catégoriques, mais toujours dans la même note.

Il serait facile de commenter ces citations. Les défenseurs de Leduc trouveront qu'elles ne contiennent aucune affirmation permettant de dire que la communication du 7 janvier 1907 a les caractères d'une rétractation. Il n'y avait pas, ajouteront-ils, matière à rétractation. Les adversaires soutiendront, au contraire, que les paroles de Leduc autorisent à conclure à la création d'un organisme vivant. C'est là, d'après eux, la conclusion qui se dégage d'entre les lignes, elle est, d'ailleurs, l'unique cause du retentissement des travaux de l'auteur. Ils pourront même ajouter que cette opinion s'était tellement généralisée (1) que

(1) Voici l'analyse du travail de Leduc qui figure sur les notices de « récentes publications médicales » que répand la maison Masson. *Les Bases physiques de la vie et la Biogenèse*, par le Dr Stéphane Leduc, professeur à l'École de médecine de Nantes. Conférence faite sous le patronage de la PRESSE MÉDICALE, le 7 décembre 1906. 1 brochure in-16, avec 13 figures dans le texte.

« L'auteur cherche tout d'abord à montrer que la question des générations

Stéphane Leduc constatant l'effet déplorable produit, a cru nécessaire pour sa dignité de protester par une déclaration précise contre cette légende, contre cette paraphrase de ses écrits.

Nous ne voulons pas engager ici de polémique, analyser les textes pour discuter le sens qui en découle.

On ne peut que regretter de la part d'un savant cette imprécision, probablement voulue, qui permet de faire croire au lecteur plus que n'en dit l'écrivain. Celui-ci a beau jeu, quand il voit la tentative malheureuse, pour protester de ses bonnes intentions. Quoi qu'il en soit, il faut, pour être équitable, prendre bonne note de la déclaration de Leduc : l'expérimentation n'a pas tranché le problème de la génération spontanée. L'incident pourrait être considéré comme clos, mais il est utile d'examiner si l'auteur a vraiment réussi, comme il le pense, à « réaliser par les forces physiques » des phénomènes de « nutrition par intussusception, de croissance et d'organisation ».

Cette trilogie caractérise assurément l'être vivant. L'organisation est son caractère anatomique fondamental; la nutrition est sa fonction physiologique primordiale, on peut la considérer comme l'ensemble des phénomènes qui aboutissent par l'assimilation à l'augmen-

spontanées existe; d'après lui, c'est dans l'étude des solutions de cristalloïdes et de colloïdes que l'on doit découvrir la nature de la vie. La vie semble être la résultante de deux forces physiques, l'une active, la pression osmotique qui met en mouvement les molécules et les ions, l'autre passive, la résistance opposée par les plasmas et les membranes à ces mouvements. M. Leduc montre comment il a su réaliser par les forces physiques, au sein de la matière minérale, les phénomènes de nutrition, d'organisation, de croissance. Il fait assister à la germination d'une graine artificielle, faite de sulfate de cuivre et de sucre, dans un liquide contenant du ferrocyanure de potassium, du chlorure de sodium et de la gélatine; il en sort un organisme qui croît et sur lequel se développent des feuilles, des épines, des chatons, etc. »

Sans vouloir commenter ce texte, remarquons que l'analyste appelle « organismes » les arborescences de Leduc. Or *organisme* est bien synonyme d'*être vivant,* les corps organisés étant tous ceux « qui sont doués de la vie, tant animaux que végétaux ».

tation de la masse de la substance vivante. Cette augmentation ne se fait pas comme chez les cristaux par simple juxtaposition, mais par intussusception.

Pour conserver l'ordre qu'a adopté Stéphane Leduc (1), nous allons discuter : 1° si ses arborescences ont des fonctions de nutrition; 2° si elles s'accroissent par intussusception; 3° si elles sont organisées.

1° *Y a-t-il nutrition?* — Que faut-il entendre par nutrition? Bien que l'accroissement soit la conséquence de la nutrition, il ne faut pas considérer que tout ce qui se développe se nourrit. Les cristaux s'accroissent et ne se nourrissent pas (2). La nutrition proprement dite comprend trois actes fondamentaux : l'absorption, l'assimilation, la désassimilation. La cellule vivante « *incorpore* des substances nutritives, les *transforme*, en *assimile* certains éléments, et en *rejette* d'autres à l'extérieur » (3). « La substance vivante exécute simultanément des phénomènes de décomposition et de composition », elle est le siège de « destruction et de création organique », de métamorphoses « régressives » et « progressives » (4).

Qu'observe-t-on dans les arborescences de Stéphane Leduc? Il y a bien en vérité absorption d'eau (5), mais l'eau n'est pas, à proprement parler, un aliment. Quant aux phénomènes d'assimilation, de synthèse, de désassimilation, il n'y en a pas trace. Il n'y a pas consommation de certains éléments et, par suite, pas

(1) Il serait plus logique de démontrer en premier lieu l'organisation.

(2) Si l'on emploie parfois ce terme en parlant des cristaux, c'est par métaphore.

(3) Hertwig, *La Cellule*, p. 118.

(4) Cl. Bernard, *Leçons sur les phénomènes de la vie commune aux animaux et aux végétaux*.

(5) Leduc, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 24 juillet 1905, p. 280, écrit : « La cellule absorbe dans son milieu la substance nécessaire à sa croissance ». Or, cette substance est uniquement constituée par de l'eau.

de modification de poids. Bien que ces résultats aient pu être aisément prévus, Charrin et Goupil ont eu recours à l'expérimentation pour élucider ces derniers points. Leur communication (1), intitulée : *Absence de nutrition dans la formation des plantes artificielles de Leduc*, démontre : 1° l'absence de tout changement en poids ; 2° la constance de la quantité de sucre.

On peut doser les éléments qui entrent dans la constitution du granule et du terrain ; la croissance achevée, on retrouvera exactement les mêmes chiffres, il n'y aura pas la moindre perte ni en cuivre, ni en sodium, ni en chlorure, ni en ferrocyanure, ni en sucre, ni en gélatine, ni même en eau, pourvu que l'on se soit mis à l'abri de toute déperdition par évaporation. On ne trouvera pas non plus de produit nouveau, pas de produit de désassimilation, corollaire nécessaire de l'assimilation. Il va sans dire que le ferrocyanure de cuivre formé par la réaction chimique du cuivre et du ferrocyanure de potassium ne peut être considéré comme un produit de métabolisme.

On peut citer, à propos des arborescences de Leduc, ce que Benedikt écrit sur les cristaux : « Le cristal est incapable d'employer pour se former des substances étrangères qu'il transformerait en corps devenant semblable à sa substance propre ; le cristal ne peut pas, comme le fait la cellule, s'assimiler des matériaux nutritifs et les énergies qu'ils contiennent. Il n'est pas capable non plus de produire du travail en se décomposant... (2). »

Leduc écrit (Revue Scientifique, 1906, t. I) : « La substance incorporée se modifie chimiquement, ainsi qu'il est facile de le reconnaître par les changements de

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 21 janvier 1907.

(2) *Biomécanisme et Néovitalisme en Médecine et en Biologie*, seconde partie. Dr M. Benedikt, traduction française de Robert Tissot, 1904. Maloine, éditeur, Paris, p. 62.

coloration qu'elle subit ». Il n'y a pas, à proprement parler, de substance incorporée. L'eau seule pénètre et vient dissoudre les cristaux de sulfate de cuivre, il y a solubilisation pure et simple; quant à la précipitation du sulfate de cuivre par le ferrocyanure, elle constitue un simple phénomène chimique, il n'y a point là la moindre synthèse. L'absorption d'eau ne suffit pas pour dire qu'il y a nutrition. Cette absorption est un phénomène banal observé dans tout osmomètre.

Mais la nutrition ne suppose pas que des phénomènes d'assimilation et de désassimilation, la respiration et la circulation sont classées parmi les fonctions de nutrition. Or, les plantes de Leduc ne respirent pas, elles se développent dans le vide, il y a là une contradiction marquée avec l'évolution générale des êtres vivants (1), car il faut chercher dans les infiniment petits, dans les microbes, dits anaérobies, pour trouver des êtres qui vivent sans consommer d'oxygène libre. La respiration est une des fonctions caractéristiques de la vie. Dans la vie latente, il est vrai, il n'y a ni consommation d'oxygène, ni production d'anhydride carbonique, mais tout corps organisé en voie d'accroissement a besoin d'oxygène. Si les arborescences de Stéphane Leduc, qui se développent sous les yeux de l'observateur, étaient des corps organisés, elles consommeraient de l'oxygène, produiraient de l'acide carbonique et de l'eau et cela d'autant plus que l'évolution est plus rapide.

Pour ce qui est de la circulation, Stéphane Leduc écrit : « J'appelle circulation le transport du liquide membranogène et du sucre dans d'étroits canaux sur des longueurs pouvant atteindre $0^{m},30$ (2). »

(1) « La respiration de l'oxygène est, à peu d'exceptions près (bactéries anaérobies, etc.), une propriété fondamentale de tout être organisé. » Hertwig, *loc. cit.*, p. 122.

(2) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 7 janvier 1907, p. 39.

Cette assertion est inattaquable, il y a là véritablement une circulation de liquides au sens large du mot. Dans tout osmomètre il y a aussi une circulation analogue, car on peut qualifier ainsi le mouvement d'ascension du liquide dans le tube de verre clos par la membrane. Mais cette circulation n'est que physiquement comparable à la circulation cependant très élémentaire de la sève dans les plantes; dans les arborescences de Stéphane Leduc, il y a bien un mouvement de liquide mais il n'y a point de circulation au sens biologique du mot.

Cet exposé nous force bien à admettre qu'il n'y a ni assimilation, ni désassimilation, ni respiration, ni circulation, opérations fondamentales de la fonction de nutrition, fonction primordiale qui caractérise l'être vivant. Deux points restent encore à réfuter : l'accroissement par intussusception, l'organisation.

2° *Y a-t-il accroissement par intussusception?* — L'accroissement est indéniable; mais ce n'est pas là, il faut l'avouer, un caractère distinctif de l'être vivant. Les stalactites augmentent de volume d'une manière progressive; les cristaux plongés dans leur solution mère semblent aussi s'accroître spontanément. Toutefois cet accroissement de volume est dû à la superposition de molécules nouvelles; on dit qu'il se réalise par juxtaposition et ce fait suffit à lui seul pour rejeter les cristaux hors de la classe des êtres vivants.

Il serait donc très intéressant de trouver quelque chose qui s'accrût non par juxtaposition mais par intussusception; ce quelque chose trouvé aurait démontré une fois de plus la vérité de l'axiome bien connu : *natura non facit saltus*. Entre les êtres minéraux s'accroissant par juxtaposition et les êtres vivants s'accroissant par intussusception, voici donc quelque chose qui s'accroît par un mécanisme qui n'est pas

la juxtaposition, mais semble de l'intussusception. Ce quelque chose est-il l'intermédiaire rêvé entre le monde organique et le monde inorganique? N'est-ce point là le nœud de la question? Et si Stéphane Leduc a cru constater dans ses arborescences des fonctions de nutrition et une organisation, n'est-ce pas justement parce qu'en disant « accroissement par intussusception » il a espéré se trouver vis-à-vis d'une formation ayant les caractères des êtres vivants?

Qu'est-ce que l'intussusception?

On observe chez l'être vivant une rénovation incessante des molécules. Or les molécules nouvelles « pénètrent dans l'intimité même de l'organisme, entre (et non pas sur) les molécules déjà existantes, c'est ce qu'on a exprimé en disant que les corps vivants s'accroissent par intussusception et les corps bruts par apposition ».

En 1867, Traube insista longuement sur le mécanisme de l'intussusception; voyons sa théorie :

L'acide tannique précipite la gélatine, tout comme le ferrocyanure de potassium précipite les sels de cuivre. Dans l'un et l'autre cas, il se produit, quand les circonstances sont favorables, une membrane perméable à l'eau et imperméable aux sels ou plus exactement à certains sels. Si à l'exemple de Traube on fait tomber une goutte de gélatine dans une solution tannique diluée, il se forme tout autour de la goutte une pellicule de tannate de gélatine, et l'on obtient ainsi une cellule artificielle, c'est-à-dire une masse semi-fluide emprisonnée dans une membrane d'enveloppe. Cette dernière est formée par la juxtaposition de granulations microscopiques, tellement rapprochées les unes des autres que le contenu de la cellule ne peut pas s'infiltrer entre elles. Mais bientôt les phénomènes changent. La gélatine concentrée soustrait à la solution diluée d'acide tannique l'eau dont elle est avide, et la membrane ne

s'oppose pas à son passage. Cette pénétration d'eau à l'intérieur de la cellule distend la membrane dont les granulations deviennent moins étroitement juxtaposées. Il arrive même un temps où les espaces compris entre les molécules deviennent assez larges pour laisser passer un peu de liquide intérieur. Mais ce liquide intérieur étant une solution aqueuse de gélatine, dès que cette solution traverse un espace intermoléculaire de la membrane elle précipite au contact du tannin, la brèche est réparée, la cellule est de nouveau close de toutes parts jusqu'à ce que le phénomène recommence. Voilà bien, en vérité, un schéma de l'intussusception. Traube attribua avec raison à ce phénomène une origine purement physique. On voit d'après cela que l'accroissement par intussusception *observé chez tous les êtres vivants n'est qu'un accident, un mode général commun à tous mais non un phénomène absolument caractéristique.* Stéphane Leduc dit que ses arborescences s'accroissent par intussusception ; cette assertion donnée sans aucune preuve est très discutable.

Dans le développement sphéroïdal d'une graine on peut admettre l'intussusception telle que la décrit Traube, mais il n'en est pas de même dans la production des arborescences. Ici le développement se fait par *éruption* et il y a là, en somme, un phénomène qui se rapproche fort de la juxtaposition observée dans la cristallisation. Cette assertion a besoin d'être démontrée. Leduc écrit : « Mes plantes se nourrissent par intussusception », mais il n'en donne aucune preuve. Évitons cet écueil. Il suffit d'ailleurs d'ouvrir les yeux et d'observer ce qui se passe. Choisissant un milieu où le phénomène est plus net, nous aurons recours à la solution contenant pour 100 cc. d'eau 5 grammes de ferrocyanure et 2 gr. 1/2 de chlorure de sodium (1).

(1) Les granules ferrocyanurés se développant en un milieu gélatineux de sulfate de cuivre et de sel, permettent de constater très nettement ce mécanisme.

Ce phénomène s'observe dans les solutions gélatineuses, et même dans les solutions ferrocyanurées d'un titre plus faible. Toutefois il est moins net, et pour le mettre bien en évidence dans ces différents cas, il faut activer le développement en portant la solution au voisinage de 30 à 40°. Examinons donc en quoi consiste le phénomène de l'éruption (fig. 12). On

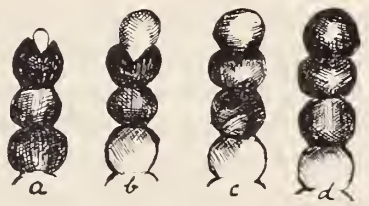


Fig. 12. — Schéma destiné à montrer le mécanisme de l'éruption

On voit nettement en *a* l'extrémité du tube membraneux se déchirer, une goutte de Sulfate de cuivre apparaît entre les parois de la fente. On suit en *b* l'évolution de cette goutte qui grossit et s'entoure d'une membrane de ferrocyanure, d'abord mince et transparente. Cette membrane atteint cependant bientôt (*c*. *d*) l'épaisseur et la coloration de la membrane voisine. L'arborescence a un article de plus et bientôt le phénomène recommence.

voit nettement que le bourgeon terminal se dilate, *crève*, laisse passer une goutte de sulfate de cuivre qui s'entoure d'une membrane s'adaptant exactement aux parois de la déchirure (1).

Quand la gélatine se solidifie, le phénomène se ralentissant (2) devient moins net, la déchirure est moins brusque mais il est très probable que le mode d'accroissement est le même.

(1) C'est cette expulsion successive de gouttes qui explique l'aspect moniliforme des tiges cylindriques (Voir figures).

(2) Quand la solution est liquide et chaude, la brusquerie de l'expulsion du contenu peut être telle que la goutte s'échappe et monte à la surface du liquide, formant, pour employer un style imagé, une cellule fille issue d'une plante mère.

En examinant le développement des arborescences chimiques, on constate souvent avec la dernière évidence que l'accroissement a pour cause la juxtaposition externe de nouvelles portions de membrane se formant autour de gouttes successivement sorties du granule en voie d'évolution. Il y a intussusception d'eau qui provoque un accroissement par la juxtaposition de membranes se formant autour des gouttes successivement expulsées hors de la cellule.

Si l'on objecte que dans certaines arborescences le développement par éruption est discutable, si l'on soutient que dans tous les cas le développement globuleux d'un granule (1) s'opère, comme l'a dit Traube, par intussusception, il faut admettre que la tige de laminaire desséchée et stérilisée s'explique aussi par une sorte d'intussusception.

Cette manière de voir obligerait à constater que si tous les êtres vivants s'accroissent par intussusception, tout ce qui s'accroît par intussusception n'est pas vivant.

3° *Y a-t-il organisation ?* — Assurément, dit M. Leduc, « la graine initiale s'organise en tiges, feuilles, organes terminaux... » (2). Les êtres vivants sont dits organisés parce qu'ils sont « composés de parties dissemblables ou distinctes arrangées dans un certain ordre » (3).

A la base de l'organisation des êtres vivants se trouve la cellule, ayant elle-même une structure bien déterminée : protoplasme plus ou moins granuleux, noyau et souvent nucléole, membrane d'enveloppe dans la généralité des cas. Les cellules différenciées forment les

(1) Il est facile à obtenir en refroidissant rapidement une solution concentrée de gélatine ferrocyanurée

(2) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 26 novembre 1906, p. 842.

(3) Beaunis, *Physiologie humaine*, p. 17.

tissus, les tissus constituent les organes, les organes se groupent pour composer les appareils, chaque appareil est pourvu d'une fonction propre et déterminée. Voilà tout au moins ce qu'est l'organisation chez les êtres supérieurs, animaux et végétaux. Chez les êtres inférieurs de l'un ou l'autre règne, les cellules ne sont pas toujours groupées en tissus, mais indépendamment de leurs fonctions vitales, leur organisation est preuve de leur vie.

Dans les arborescences de Leduc on voit bien une différenciation morphologique qui légitime les termes métaphoriques de rhizomes, de tiges, de feuilles, d'organes terminaux, mais ce sont des pseudo-rhizomes qui ne puisent dans le milieu aucun suc nourricier, ce sont des semblants de tiges dans lesquelles ne circule aucune sève, ce sont des simili-feuilles qui ne sont douées d'aucune activité respiratoire; quant aux organes terminaux, aucune fonction propre ne leur est dévolue. La cellule vraie avec protoplasme, noyau, cet élément primordial de toute organisation, fait complètement défaut. Si l'on examine au microscope des fragments de plantes artificielles, tiges, racines, feuilles, organes terminaux présentent le même aspect et on ne réussit pas à découvrir autre chose qu'une membrane constituée par des stratifications plus ou moins denses, formées par un dépôt granuleux et amorphe (1), dont la couleur varie suivant les produits entrés en réaction.

Il n'y a pas la moindre cellule et cependant Stéphane Leduc, qui semble vouloir frapper l'imagination du lecteur, écrit pour expliquer le développement de ses plantes : « *la cellule* grossit » (2) (lisez : le granule

(1) On a pu lire dans un journal politique : « Observée au microscope cette plante factice présentait des tissus analogues à ceux des plantes naturelles .» Il y a là une erreur manifeste et grossière. C'est avec de telles phrases qu'on trompe l'opinion.

(2) C'est une singulière cellule, on y distingue bien une membrane ou un noyau, mais le noyau est mobile !... On s'en rend facilement compte quand

grossit) « puis après quelques minutes, en un point de la surface jaillit un bourgeon qui s'entoure immédiatement d'une membrane de ferrocyanure de cuivre; sur le sommet de ce bourgeon s'en produit un second, puis sur celui-ci un troisième et ainsi de suite. Chaque bourgeon représente une *cellule* et l'on voit les *cellules* s'aligner lentement les unes à la suite des autres pour former une tige creuse dont la longueur peut dépasser plus de dix fois le diamètre de la *cellule* qui lui a donné naissance. »

Or, ces bourgeons, que l'auteur qualifie du nom de cellules, n'ont ni noyau, ni protoplasme, ce sont de simples vésicules limitées par une membrane précipitée. Il n'y a point là de cellules au sens biologique du mot. il n'y a même point, comme dans les cellules artificielles de l'auteur décrites au début de cette étude, l'analogie morphologique qu'on peut leur reconnaître sans leur attribuer le moindre caractère vivant.

Cette production successive de vésicules s'explique par un phénomène physique, longuement décrit à propos de la théorie du développement. Nous sommes loin de la multiplication cellulaire par voie directe ou indirecte.

L'organisation des arborescences de Stéphane Leduc est toute en façade, elle est aussi illusoire que les soi-disant fonctions de nutrition, ou le prétendu accroissement par intussusception. De ces trois fonctions, nutrition par intussusception, croissance et organisation, considérées jusqu'ici comme caractéristiques de la vie, il n'en reste qu'une qui puisse être attribuée aux plantes de Leduc : la croissance. La croissance est indéniable, mais les cristaux, eux aussi, s'accrois-

par refroidissement on provoque la prise rapide de la gélatine. Le granule s'entoure d'une fine membrane, il se forme une cellule artificielle, pour employer l'expression de Traube, cellule pleine de liquide au milieu duquel on aperçoit la partie du granule non encore dissoute. C'est là le noyau. Noyau mobile comme la grenaille enfermée dans un grelot!...

sent et ne vivent pas, un ballon que l'on insuffle s'accroît et ne vit pas, la tige de laminaire préalablement stérilisée et introduite dans une cavité humide se gonfle, prend des proportions considérables : cette augmentation de volume n'est nullement l'indice d'une réviviscence impossible, vu la stérilisation préalable.

Après avoir discuté les points fondamentaux, il y a lieu d'examiner encore quelques arguments accessoires bien propres à frapper l'imagination du lecteur non prévenu.

Les plantes artificielles, nous dit Stéphane Leduc, sont « sensibles à tous les excitants physiques et chimiques » (1).

Il existe chez elles de « l'osmotropisme et du thermotropisme » (2).

« Leur développement est arrêté par de nombreux poisons (3). »

« Elles cicatrisent elles-mêmes leurs blessures (4). »

« On observe également le phénomène de la greffe (5). »

Il n'est pas douteux que l'on puisse observer chez les corps bruts des phénomènes analogues à ceux qui sont reconnus chez les êtres vivants.

Les études micrographiques des métallurgistes démontrent que les métaux sont très sensibles à l'action de la chaleur. La graisse contenue dans une poêle à frire n'est certes pas indifférente à l'action du feu. D'une façon générale la chaleur accélère les phéno-

(1) Stéphane Leduc, *Les Bases physiques de la Vie*, p. 15.

(2) Stéphane Leduc, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 26 novembre 1906, p. 842.

(3) Stéphane Leduc, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 26 novembre 1906, p. 842.

(4) Stéphane Leduc, *Les Bases physiques de la Vie*, p. 15.

(5) Stéphane Leduc, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 7 janvier 1907, p. 39. Voir aussi l'article du Matin.

mènes d'osmose, il est donc tout naturel que les arborescences chimiques soient sensibles au chaud et au froid (1).

L'osmotropisme, le thermotropisme qu'on peut observer chez elles ne sauraient nous étonner, étant donnée la nature du phénomène. Nous en avons constaté des cas fort frappants. Mais nous n'avons point vérifié l'action empêchante des poisons, ayant obtenu de belles arborescences dans l'eau phéniquée forte et dans le sublimé même à 1 p. c. (2).

Mais quand même nous devrions sur ce dernier point avouer un résultat inverse, cela ne prouverait encore rien. N'a-t-on pas entendu Becquerel affirmer que les anesthésiques paralysent l'émission des rayons N chez les corps bruts ?

La cicatrisation des blessures n'est pas non plus un argument à faire valoir : le cristal agit de même, la croûte de glace se reforme quand, en un jour de gelée, un gamin la crève d'un caillou.

Reste le phénomène de la greffe; quoi de plus banal ? Le modeleur peut, sur l'objet qu'il travaille, greffer les appendices les plus bizarres, le procédé de soudure autogène des métaux est en réalité un phénomène de greffe.

Tous ces arguments sont amassés de façon à jeter de la poudre aux yeux, nous insisterons sur ce point au moment des conclusions; on montre les analogies pour faire croire à l'identité, on accumule des arguments de détails qui semblent en imposer par leur masse, mais qui, pris chacun séparément, ne sont nullement caractéristiques.

(1) Nous avons congelé les milieux gélatineux dans lesquels des arborescences chimiques étaient en voie de développement. Cette congélation n'a pas empêché le granule d'achever sa croissance après la fusion de la glace.

(2) Dans ces cas l'opacité du milieu, devenu d'un vert foncé, empêche parfois d'examiner la plante par réflexion. Il faut procéder dans des tubes étroits ou dans des bouteilles plates.

III

Les travaux de Leduc dont le lecteur vient de prendre connaissance ont donné lieu à des réclamations de priorité. On a protesté contre la publication d'expériences données comme nouvelles. Voici ces documents, qui permettront au lecteur de se prononcer dans le débat soulevé et résolu à la tribune de l'Académie des Sciences.

C'est Traube qui, en 1865, fit, semble-t-il, les premières cellules artificielles. L'un de ces mémoires (1) est cité dans la thèse de Béliard (2), élève de Leduc, c'est la seule référence bibliographique que l'on trouve à côté du nom du savant allemand. Leduc cite également le nom de Traube dans son article de la Revue Scientifique, 1906. Il l'avait déjà fait dans sa note à l'Académie des Sciences du 24 juillet 1905; mais s'il est vrai que sa première phrase reconnaît les travaux de son devancier (sans en donner la bibliographie), elle contient un correctif : sans doute « la cellule » de Leduc est analogue à celle de Traube, mais elle en *diffère* « parce qu'elle a non seulement la faculté de se gonfler et de grossir, mais aussi d'émettre des prolongements analogues aux radicules et aux tigelles, prolongements que l'on voit croître lentement ».

« Cette phrase, ajoute Gaston Bonnier (3), prouve que M. Stéphane Leduc n'a pas lu les mémoires où M. Traube expose ses recherches... (4) »

(1) *Experimente zur Theorie der Zellenbildung und Endosmose.* Archiv f. Anat. Phys. u. Wissenschaftliche Medicin (Reichert et Du Bois Reymond, 1867, pp. 87 à 129, 129 à 165).

(2) Oct. Béliard, Th. Paris, 1903. *Rôle biologique des sels.*

(3) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 14 janvier 1907, p. 55. *Sur les prétendues plantes artificielles.*

(4) Centralblatt für Medicin Wissenschaft, 1865; Botanische Zeitung, 1875, pp. 56 et suiv.

Quoi qu'il en soit, les travaux de Traube, pour n'avoir peut-être pas eu le retentissement de ceux de Leduc, ne sont pas passés inaperçus, ils sont mentionnés et analysés même dans les classiques français. Le traité de physique biologique, publié sous la direction de Chauveau, d'Arsonval, Gariel, Marey et Weiss, contient, dans l'article de Dastre sur l'osmose, un exposé très complet des travaux de Traube. Il est vrai que l'auteur ne s'arrête guère au côté relativement enfantin de la question, c'est-à-dire à la reproduction d'arborescences de formes variées qui ne sont que l'application curieuse de phénomènes physiques de la plus haute importance, étudiés en physiologie.

Le traité du botaniste allemand Sachs, traduit en français par Van Tieghem en 1874, contient sur les expériences de Traube qu'il a refaites une discussion des plus suggestives. Un cristal de chlorure de cuivre, ou une goutte de solution concentrée de ce sel tombant dans une solution ferrocyanurée forme une « cellule » munie d'excroissances. Parfois on observe un tube croissant vers le haut. On peut avoir aussi « une sorte de rhizome tuberculeux horizontal duquel partent vers le haut de longues excroissances en forme de tiges et vers le bas des prolongements en forme de racines ». Après cette description qui se rapproche singulièrement de celle fournie par Leduc, Sachs combat les idées de Traube sur la prétendue croissance par intussusception de ces arborescences. Il expose la théorie de l'éruption que nous avons développée plus haut. Il suffit d'ailleurs d'observer quelques instants l'évolution d'une goutte saturée de sulfate de cuivre versée dans une solution de ferrocyanure à 5 p. c. ou 10 p. c. pour se rendre compte de la justesse de cette remarque que nous avions faite avant de connaître le travail de Sachs, le jour où, pour la première fois, nous avons essayé de répéter les expériences de Leduc.

Il résulte de tout ceci que si l'on excepte quelques modifications de technique, la part d'originalité du professeur de l'École de médecine de Nantes se borne à des conceptions philosophiques exprimées avec une assurance et une désinvolture qui ont pu en imposer un instant. Ainsi que Gaston Bonnier l'a fait remarquer dans sa note du 14 janvier 1907 à l'Académie des Sciences, Stéphane Leduc n'apporte guère de fait nouveau, il semble même ignorer que « la production de ces singuliers précipités est devenue banale et se fait couramment dans les cours de chimie ». Il n'a pas connaissance des arborescences obtenues par M. Guernez et tellement stables que conservées dans du papier elles ont pu, à première vue, en imposer auprès de botanistes amateurs. Il n'a point eu connaissance de ces plantes artificielles que l'on voit, notamment à Nancy, exposées à la vitrine des pharmaciens à côté des bocaux de lézards, de vipères, de tœnias, de botriocéphales. Il a dédaigné les silicates qui lui ont, dit-il, donné de mauvais résultats, et cependant nous allons aborder dans un instant l'étude d'arborescences naissant en milieu silicaté. Grâce à leur élégance, à leur finesse, à leur variété, à leur facilité de production, elles méritent d'entrer en parallèle avec les arborescences ferrocyanurées. Le mode de développement est identique. Autour du cristal projeté dans la solution de silicate, il se forme une membrane hémiperméable constituée par le silicate du métal employé; l'eau pénètre à travers cette membrane pour dissoudre le cristal. La pénétration progressive d'eau a pour résultat de distendre puis de rompre la membrane précipitée, un peu de solution se répand dans le silicate mais elle est instantanément emprisonnée par la précipitation d'une nouvelle membrane qui semble prolonger la membrane primitive.

Robert Dolfus décrit ce mécanisme dans sa note présentée par Bonnier à l'Académie des Sciences (1). Pour lui, la croissance s'explique par l'influence de la force osmotique : la croissance de haut en bas a pour cause une différence de densité et aussi un entraîne-

Fig. 13. — Nitrate de Cobalt en milieu silicaté. Arborescences bleues.

ment mécanique de la solution par les bulles d'air adhérentes au cristal. Les faits sont exacts, mais nous nous permettrons une remarque de détail concernant l'action des bulles d'air. Cette action est très active et

(1) Robert Dolfus, *Action des silicates alcalins sur les sels métalliques solubles*. Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 24 décembre 1906, p. 1149.

ne peut manquer d'attirer l'attention. On peut l'observer parfois dans les croissances réalisées dans la gélatine ferrocyanurée, mais le phénomène est plus rare et moins remarquable que dans le silicate. Dans ce cas et plus particulièrement avec le nitrate de cobalt (fig. 13), le sulfate de manganèse (fig. 16), le sulfate de magnésie (fig. 14) on observe, quelques secondes après la

Fig. 14. — Sulfate de magnésie et silicate de potasse. Arborescences blanches.

Fig. 15. — Sulfate de fer et silicate de potasse. Arborescences vertes.

projection du cristal, de petites bulles de gaz, assez nombreuses si l'on est heureux, qui cheminent rapidement entraînant la solution aqueuse du sel employé; cette solution s'entoure instantanément d'une membrane précipitée. Mais le mouvement de ces bulles n'est pas forcément ascendant, il est même curieux d'observer leurs évolutions capricieuses. Tantôt elles montent en décrivant une sorte de spirale, tantôt elles ont un trajet vertical, puis transversal, voire même *descendant*, et ceci nous prouve que la bulle d'air joue en somme un rôle secondaire, sinon dans la rapidité du développement, tout au moins

en ce qui concerne la croissance en hauteur. Il est probable que les bulles d'air qui adhèrent au cristal empêchent, par leur présence, la formation de la membrane dans les points recouverts. Dès lors, quand l'eau pénètre à travers les portions où s'est formée une membrane, il existe un certain nombre de points où la solution peut sortir librement. En s'échappant elle pousse devant elle les bulles d'air protectrices et, arrivant au contact du silicate, elle est emprisonnée dans une

Fig. 16. — Sulfate de manganèse et silicate de potasse (concentrations diverses). Arborescences d'un blanc jaunâtre.

gaine circulaire dont l'extrémité terminale reste toujours protégée par la bulle qui la coiffe. On croirait qu'elle attire à sa suite la solution alors qu'elle est, au contraire, poussée par elle. C'est là d'ailleurs un point de détail. Ne nous y arrêtons pas davantage et passons à l'étude de la morphologie des arborescences silicatées. Ainsi que l'a fait remarquer Robert Dolfus, leur production est un phénomène banal et nous avons pu obtenir des arborescences non seulement avec les sels cités plus haut comme se caractérisant par l'instanta-

néité de leur développement, mais aussi avec le sulfate ferreux, le sulfate ferrique, le sulfate de cadmium, le sulfate de cuivre, le chlorure de baryum pour ne citer que les sels qui nous ont donné les plus beaux résultats.

Ici l'on n'obtient plus de folioïdes mais des pseudo-tiges tantôt grêles et filamenteuses, tantôt assez robustes, tordues, hérissées de pointes, noueuses comme des racines. Nous avons aussi observé de curieux organes terminaux en vrille (sulfate ferreux) ou en têtes de clous (sulfate de magnésie).

Mieux que toute description, quelques figures (fig. 13 à 16) donneront au lecteur une idée exacte de l'aspect de ces arborescences. On pourrait craindre, vu leur production dans un milieu relativement fluide, qu'elles soient fragiles et instables. Il n'en est rien. Elles se conservent beaucoup mieux que celles en milieux gélatineux. Elles sont parfaitement transportables, puisqu'elles ont pu faire sans dommage le voyage de Lille-Bruxelles et Bruxelles-Lille. On avait eu soin toutefois d'immobiliser le liquide en faisant couler à la surface 4 à 5 millimètres de paraffine fondue qui, adhérant au verre en se solidifiant, constituait une fermeture très satisfaisante.

CONCLUSIONS

Les recherches que nous avons entreprises et dont nous avons donné le résultat, montrent que la production des arborescences chimiques est facile à réaliser avec une foule de substances. Ainsi qu'on l'a déjà fait remarquer, la gélatine n'est point indispensable pour la production d'arborescences ferrocyanurées, mais elle est nécessaire si l'on veut obtenir autre chose que des formations cylindriques, ou si l'on désire conserver les types obtenus. Le chlorure de sodium n'est point

indispensable, sa suppression entraîne néanmoins des variations de forme du produit. Quant au sucre qui entre dans la constitution du granule, c'est un puissant adjuvant, mais sa présence n'est pas une condition *sine qua non* de succès. Le sulfate de cuivre peut être remplacé par d'autres sels; le sulfate de zinc, notamment, nous a donné d'excellents résultats. On peut aussi faire des granules de ferrocyanure et de sucre qui sont jetés dans des solutions gélatineuses de sulfate de cuivre, de sulfate de zinc, de sulfate de cadmium, de nitrate de cobalt. On pourrait sans peine en multiplier le nombre. C'est une question de tâtonnements. Mais ces recherches n'ayant d'autre résultat que de varier la morphologie, nous n'avons pas cru qu'il pût y avoir grand intérêt pour un physiologiste à poursuivre les expériences dans cette voie.

L'observation d'arborescences silicatées, obtenues très simplement avec des cristaux d'ordre très divers, contribue à prouver la banalité de la production de ce phénomène qui nous fait sortir des limites de la biologie pour pénétrer sur le terrain de la physique amusante.

Mais il est bon de délaisser maintenant la partie technique pour résumer en quelques lignes la réponse à apporter aux interprétations fantaisistes que Stéphane Leduc a publiées, à grand renfort d'orchestre, sur des faits anciens étudiés à nouveau par lui. Il y a eu beaucoup de bruit pour des phénomènes qui ne sont que curieux, « les exagérations hyperboliques au long des feuilles politiques et littéraires ne sont, suivant l'expression d'un critique bien avisé, que galéjades de journalistes en mal de copie ».

Le grand public s'est laissé séduire par les soi-disant découvertes de Stéphane Leduc. Eh! quoi, n'est-il pas excusable? Ne lui a-t-on pas affirmé que l'on créait des cellules, des cellules capables de présenter

des phénomènes de division? Ne lui a-t-on pas fait voir des plantes surgissant de granules décorés du nom de graines? Ne lui a-t-on pas décrit dans ces plantes une organisation et des fonctions observées chez les êtres vivants? On a insisté sur les similitudes, mais on a laissé dans l'ombre les dissemblances, on a laissé croire à l'identité alors qu'il y a simplement analogie.

Stéphane Leduc fait des cellules avec noyau, cytoplasme et membrane, mais ces soi-disant cellules n'ont, en fait de noyau, qu'un amas de granulations colorées, en fait de cytoplasme qu'une solution saline ne contenant pas d'albumine, en fait de membrane qu'un dépôt linéaire de matière colorante.

Stéphane Leduc appelle cariocinèse la reproduction artificielle par des phénomènes osmotiques des aspects successifs que présentent la cellule vivante et son noyau dans la division mitosique; mais là s'arrête son schéma : ses cellules, en réalité, ne se reproduisent pas et elles sont privées de toute spontanéité, caractère essentiel à la vie.

Volontairement ou non, Stéphane Leduc ordonne le texte de ses écrits de façon à laisser croire que les arborescences qu'il dénomme plantes dérivent d'une cellule artificielle initiale se multipliant par cariocinèse. Or, il n'en est rien, car, nous l'avons vu, l'étude des cellules artificielles et celle des plantes artificielles n'ont entre elles qu'une relation indirecte, et nous avons pu étudier les arborescences chimiques, signalant seulement pour mémoire les cellules artificielles. Qu'il s'agisse d'exposer l'une ou l'autre question, l'auteur le fait en un style métaphorique bien propre à soulever l'enthousiasme. Le granule de sulfate de cuivre et de glucose s'appelle une graine ou une cellule. Cette cellule initiale en produit une seconde, cette seconde une troisième, etc... et l'on croirait véritablement que ces productions dénommées rhizomes, feuilles laté-

rales, tiges verticales, organes terminaux sont le résultat d'une véritable multiplication cellulaire. Mais les arborescences chimiques n'ont ni cellules, ni rhizomes, ni feuilles latérales, ni tiges verticales, ni organes terminaux. Ne confondons pas : apparence n'est pas réalité. Même remarque à propos des fonctions attribuées à ces soi-disant plantes; il n'y a ni nutrition, ni intussusception, ni circulation, ni organisation. C'est tout au plus si on trouve des schémas — et combien imparfaits! — des principaux phénomènes vitaux.

L'on voit par là combien est juste cette phrase par laquelle Charrin et Goupil terminaient leur communication : « Nos résultats mettent un terme aux interprétations qui, sans base aucune autre que l'apparence, auraient pu donner cours à des notions de haute portée malheureusement dans l'espèce purement imaginaires. »

Dr Maurice D'halluin,
Chef des travaux de Physiologie
à la Faculté libre de médecine de Lille.

BIBLIOGRAPHIE

—

Béliard. Thèse. Paris, 1903. *Rôle biologique des sels.*

— Portrait de Leduc : JOURNAL DE MÉDECINE DE PARIS, 6 janvier 1907.

Benedikt. *Biomécanisme et néovitalisme en médecine et en biologie.* Traduction française par Robert Tissot. Paris, Maloine, éditeur. (2 volumes.)

Cl. Bernard. Leçons sur les phénomènes de la vie commune aux animaux et aux végétaux.

P. Becquerel. *Sur la nature de la vie latente des graines et sur les véritables caractères de la vie.* C. R. ACADÉMIE DES SCIENCES, 24 décembre 1906, p. 1177.

G. Bonnier. *Sur les prétendues plantes artificielles.* C. R. ACADÉMIE DES SCIENCES, 14 janvier 1907, p. 55.

Paul Combes. COSMOS, 1907, p. 21. *Les coulisses de la plasmogénie.*

M. Combes. *Les plantes artificielles de Traube et de Leduc.* MÉDECINE ET HYGIÈNE, février 1907.

COSMOS, 1907, p. 31. *Vie et apparence vitale.*

Dastre. *La Vie et la Mort.* Ernest Flammarion, Paris, édit.

— Article *Osmose. Traité de physique biologique* de d'Arsonval, Chauveau, Gariel, Marey, t. I, 1901.

R. Dolfus. *Action des silicates alcalins sur les sels métalliques solubles.* C. R. ACADÉMIE DES SCIENCES, 24 décembre 1906, p. 1149.

A. Farges. *La vie et l'évolution des espèces.* Paris, Letouzey et Ané, édit., 1888.

Frenckel. *Est-ce la vie?* PROGRÈS MÉDICAL, 9 mars 1907.

Jules Félix. *La vie des minéraux. La plasmogenèse et le biomécanisme universel.*

Hertwig. *La Cellule.* Naud, Paris, édit. 1903.

A.-L. Herrera. *Notions générales de biologie et de plasmogénie comparées.* Traduction française de G. Renaudet. W. Junk, Berlin, édit. 1906.

Stéphane Leduc. *Diffusion dans la gélatine.* C. R. ACADÉMIE DES SCIENCES, 17 juin 1901, p. 1500.

— *Champs de force moléculaire.* C. R. ACADÉMIE DES SCIENCES, 17 février 1902, p. 423.

— *Champs de force de diffusion bipolaire.* C. R. ACADÉMIE DES SCIENCES, 26 mai 1902, p. 1205.

— *Diffusion des liquides, son rôle biologique.* C. R. ACADÉMIE DES SCIENCES, 5 décembre 1904.

— *Germination et croissance de la cellule artificielle.* C. R. ACADÉMIE DES SCIENCES, 24 juillet 1905, p. 280.

— *Les lois de la biogenèse.* REVUE SCIENTIFIQUE, 1906, t. I, pp. 225 et 265.

Stéphane Leduc. *Culture de la cellule artificielle.* C. R. Académie des Sciences, 26 novembre 1906, p. 842.

— *Les bases physiques de la vie.* Masson, Paris, édit 1906.

— *Va-t-on faire de la vie? Miracles. Comment un savant crée des êtres vivants.* Le Matin, 21 décembre 1906.

— *Croissances artificielles.* C. R. Académie des Sciences, 7 janvier 1907, p. 39.

Presse Médicale, 8 décembre 1906. Compte rendu de la conférence faite à Paris par le Professeur Leduc.

Pfeffer. *Osmot. Unters.*, 1877, p. 11; Botan. Inst. Tübing. vol. II, 1886, p. 30.

Revue moderne de Médecine et de Chirurgie. *Grands pantins, petits potins.*

Semaine médicale, 30 janvier 1907. *Les prétendues plantes artificielles de M. Stéphane Leduc* (3 colonnes 1/2).

Sachs. *Traité de Botanique.* Traduction française de Van Tieghem.

Traube. *Experimente zur Theorie der Zellenbildung und Endosmose.* Arch. f. An. Phys. u. Wissenschaftliche Medic. Reichert et Du Bois Reymond, 1867, pp. 87 à 128, 129 à 165. — Centralblatt für Medicin Wissenschaft, 1865. — Botanische Zeitung, 1875, pp. 56 et suiv.

Henry de Varigny. *Les plantes artificielles.* Illustration, 22 décembre 1906.

— *La nature et la vie.* Armand Colin, édit., Paris, 1905.

L. Wintrebert (Dr ès sciences). *Les prétendues créations d'êtres vivants.* Revue d'Apologétique, pp. 477-483.

L'ACTION ÉLECTRIQUE

DU SOLEIL[1]

II. — LES APPLICATIONS

L'induction solaire et la physique planétaire

Les faits peu nombreux que nous connaissons relativement à la physique du système solaire semblent se rattacher très étroitement aux grands mouvements qui se produisent sur le Soleil. Nos moyens d'investigation actuels ne permettent, il est vrai, de nous rendre compte que des modifications d'ordre optique dont la surface solaire est le siège, mais il semble très probable que les variations électriques et calorifiques qui échappent à l'observation directe sont elles-mêmes reliées, et très étroitement, à une foule de phénomènes qui se manifestent sur la Terre, sur les planètes et sur les astres de moindre importance tels que les satellites, les comètes, les étoiles filantes, etc.

Comètes. — Le fait depuis longtemps constaté de la répulsion de la queue des comètes par le Soleil semblerait s'accorder avec une action électrique émanant du Soleil, et se manifestant, peut-être, sous la forme d'une émission cathodique, comme l'a fait observer M. Deslandres (Société Astronomique de France,

(1) Voir Rev. des Quest. scient. Livraison d'avril, 1907, p. 393.

décembre 1904. — Bulletin Astronomique, juillet 1902).

Il semble également vraisemblable que cette action électrique est, selon une remarque de M. Guillaume, proportionnelle aux surfaces et indépendante des masses cométaires (Société Astronomique de France, décembre 1904). Ajoutons que l'ionisation, provoquée par les radiations ultra-violettes du Soleil, ainsi que l'induction positive de cet astre doivent avoir pour effet de produire une charge négative élevée dans le noyau de la comète plus voisin de l'astre central, et une désagrégation de celui-ci par voie d'ionisation et de transport cathodique vers le Soleil. Les ions chargés positivement, ou rayons α, constitueraient la queue de la comète, et la charge positive en excès provenant de ces ions positifs serait la cause de la répulsion de la queue par la masse solaire chargée elle-même positivement, et de l'épanouissement de cette queue dans l'espace.

La luminosité de ces astres errants de masse extrêmement faible serait due en partie à la réflexion de la lumière solaire sans doute, mais aussi aux effets cathodiques intenses dont la tête de l'astre chevelu serait le siège et qui provoqueraient sa désagrégation plus ou moins rapide.

Cette explication s'accorderait avec le fait constaté par Berberich, que les comètes présentent leur plus grande intensité lumineuse dans les années où le Soleil possède le plus grand nombre de taches, c'est-à-dire aux périodes d'activité solaire.

Planètes. — Plusieurs planètes, Jupiter entre autres, semblent être encore dans un état d'activité qui rappelle celle du Soleil. Elles doivent donc être particulièrement sensibles aux variations du potentiel solaire, par suite de l'ionisation de leurs masses et de leurs charges électriques propres. Or on a effectivement

constaté que la coloration de Jupiter variait nettement avec l'activité solaire. Elle est rouge dans les années de maximum et blanche dans les années de minimum.

Physique terrestre. — La physique terrestre surtout est sous l'étroite dépendance de l'activité solaire et il semble de plus en plus probable que c'est l'action électrique du Soleil qui joue le rôle le plus important dans tous les grands phénomènes tels que le magnétisme, les aurores polaires, ainsi que dans les mouvements principaux de l'atmosphère, cyclones, tempêtes, orages, où elle agit de concert avec l'action thermique. Mais avant d'entrer au détail de ces manifestations, rappelons les faits principaux de la physique terrestre et les théories qui ont été émises pour les expliquer.

Électricité atmosphérique. — L'expérience a démontré que les couches de l'atmosphère proches du sol renferment un excès d'électricité positive sous la forme d'ions positifs, et que cette charge subit des variations suivant l'heure du jour, la saison, etc., et qu'elle est également modifiée pendant la durée des éclipses solaires. Des ions positifs et négatifs se trouvent dans les couches inférieures de l'atmosphère à raison de trois mille environ par mètre cube d'air. M. Brunhes admet que les ions peuvent être dus à la radiation solaire et à d'autres formes d'énergie directement envoyées jusqu'à nous par le Soleil.

Il existe, du reste, dans l'air, deux espèces d'ions positifs; ce sont les ions ordinaires qui possèdent une vitesse de 1,5 centimètre par seconde dans un champ de 1 volt par centimètre, et de gros ions possédant une charge cinquante fois plus grande et une vitesse deux cents fois moindre. La présence de ces ions positifs dans l'atmosphère produit une charge positive des couches d'air qui les renferment, tandis que le sol prend

une charge négative. La différence de potentiel entre l'air et le sol présente un maximum vers 4 heures du soir et un minimum vers 5 heures du matin, à une altitude peu élevée, surtout au-dessus de la mer.

Le voisinage des terres modifie ces constantes; mais des périodes de maximum et de minimum paraissent s'accorder (à un certain retard près) avec les périodes correspondantes de l'induction solaire. Enfin, plus on s'élève dans l'atmosphère, plus le potentiel positif de l'air s'accroît et avec lui le nombre d'ions positifs. La charge devient très élevée dans les plus hautes régions qu'on ait explorées.

Paulsen admet, en se basant sur les observations des étoiles filantes, que la hauteur à laquelle se trouvent les dernières particules de l'atmosphère terrestre de la grosseur moyenne de 1$^{\mu}$ est de 200 kilomètres.

Cette observation correspond à une autre de Nordmann basée sur l'étude des aurores boréales. Celui-ci estime que la partie supérieure des aurores se trouve à plusieurs centaines de kilomètres et leur partie inférieure à 60 kilomètres seulement (Journal de Physique, 1904, p. 283). A la hauteur de 200 kilomètres, la pression de l'air ne serait plus que de 10 millimètres de mercure environ, c'est-à-dire du même ordre que dans le vide de Crookes. D'autre part, on a constaté que l'on pouvait encore obtenir des effets lumineux analogues à ceux produits par les aurores polaires, dans des masses d'air dont la pression était de 0,01 millimètre de mercure. Il existerait donc une couche très épaisse de l'atmosphère terrestre représentant les trois quarts environ de sa hauteur totale dans laquelle peuvent se manifester des phénomènes électriques analogues à ceux qui se produisent dans les tubes de Geissler, dans les couches les moins raréfiées, et semblables à ceux des tubes de Crookes dans les régions supérieures, les plus raréfiées.

M. Bouty, se basant sur ses recherches relatives à la décharge électrique dans les gaz raréfiés, admet que dans la haute atmosphère il existe une région où l'air très raréfié et en couche suffisamment épaisse ne pourrait même supporter le champ électrique terrestre normal, sans livrer passage à l'électricité.

D'autre part, les couches d'air immédiatement voisines du sol sont chargées négativement et leur potentiel négatif croît d'autant plus que l'on pénètre davantage dans l'intérieur du sol. Nous ne possédons, du reste, aucune donnée précise sur la valeur absolue du potentiel négatif de la surface terrestre.

Peltier admet que la valeur de la charge négative du sol peut être inactifiée par la présence de la vapeur d'eau dans l'air, ce qui aurait pour effet de faire varier le potentiel local du sol suivant l'état hygrométrique de l'atmosphère qui le surmonte. La vapeur d'eau et les nuages paraissent, d'ailleurs, jouer un rôle considérable dans la distribution de l'électricité atmosphérique. Ajoutons que les orages sont provoqués par la présence de masses nuageuses chargées à des potentiels élevés, et qui sont voisines du sol.

Sohnke et Brillouin attribuent un rôle essentiel aux cirrus dans la production de l'électricité atmosphérique. Brillouin a constaté que la glace sèche, telle que celle dont sont formés les cirrus, perd sa charge négative sous l'action des rayons ultra-violets et en prend une positive; on peut donc admettre que le Soleil charge ainsi les cirrus positivement, tandis que l'air ambiant se charge négativement. Il semble également probable que la présence, dans l'air, des ions chargés d'électricité positive est la cause principale de la condensation de la vapeur d'eau, et par suite la cause indirecte de la charge électrique des nuages.

Les nuages orageux proviendraient de la transformation des gouttelettes d'eau en grosses gouttes, c'est-

à-dire de la transformation des cumulus en nimbus, ceux-ci se résolvant finalement en pluie dès que le poids des gouttes est devenu trop considérable (*Applications of Dynamics to Physics and Chemistry*).

D'après sir W. Thomson, les variations dans l'aire de la surface d'une goutte d'eau produisent un dégagement d'électricité; or, plusieurs gouttes d'eau, en se réunissant pour en former une plus grosse, donnent lieu à une diminution de surface totale du liquide; cette transformation dégagerait donc de l'électricité au sein des nuages. Une charge positive se porterait sur le nuage et la charge négative correspondante sur l'air ambiant.

Lénard, de son côté, admet que l'électrisation de l'atmosphère est due aux contacts répétés de l'air en mouvement et des gouttelettes d'eau au bord de la mer; mais cette théorie n'expliquerait pas la formation des orages sur place dans les endroits éloignés de la mer.

Champ magnétique terrestre. — Il paraît exister une étroite relation entre l'état électrique général de l'atmosphère et l'intensité du champ magnétique terrestre. Dès l'année 1857, Carrington signala l'action des taches solaires sur les perturbations magnétiques. Ces observations furent faites à l'Observatoire de Kew. Le 1er septembre 1852, Armstrong fit des observations analogues.

D'après Angot, on peut constater un rapport très net entre l'activité solaire et la variation de la déclinaison magnétique terrestre. Les variations diurnes, mesurées au parc Saint-Maur et à Greenwich, ont été reconnues absolument concordantes en l'année 1902.

Les variations annuelles V exprimées en fonction de la longitude l du Soleil et de coefficients m, n et p correspondent à la fonction :

$$V = m + n \sin l + p \cos 2 l$$

Chaveau a également trouvé que la véritable loi de la variation du magnétisme, telle qu'on l'observe en tout point suffisamment dégagé, se traduit par une oscillation simple avec un maximum de jour et un minimum qui se produit entre 4 et 5 heures du matin. Mais au voisinage du sol et dans nos régions, le phénomène est moins simple et présente deux types différents de variations dont l'un correspond à la saison chaude et l'autre à la saison froide (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, CXXVIII, p. 500).

Elster et Geitel ont observé qu'à une diminution de la conductibilité électrique de l'atmosphère correspondait une augmentation du champ magnétique terrestre. Ces troubles parallèles s'observèrent en particulier au cours de l'éclipse du 30 avril 1905. On a pu constater que le maximum du champ magnétique correspondait exactement sur les courbes au minimum des ions positifs dans l'atmosphère ou de la conductibilité de l'air.

Ce jour-là Nordmann a observé à Philippeville que le champ magnétique s'était accru pendant toute la durée de l'éclipse jusqu'au moment du dernier contact; et on a relevé au Bureau central météorologique de Paris une perturbation de 4′ dans la valeur du champ terrestre.

Du reste, d'une façon générale, la conductibilité de l'air varie uniformément de midi à minuit, où elle devient environ double de ce qu'elle était à midi. Nilson a fait à ce sujet de nombreuses observations à Upsal par un ciel clair (avril-mai 1902) (Œfvers-Kougl. Vetacad. Stockholm, 59, n° 7, p. 243).

Le professeur Schuster a déduit de ses observations, que l'on expliquerait les différences de variation du champ magnétique terrestre en admettant que les régions supérieures de l'atmosphère conduisent mieux l'électricité pendant le maximum que pendant le minimum d'activité solaire, et il rapporte la variation diurne

de l'aiguille aimantée à des courants électriques circulant dans les hautes régions de l'atmosphère.

Cortie admet que les taches solaires, sans provoquer directement les perturbations magnétiques, pourraient se rattacher avec elles à une cause commune, car il y a des exceptions importantes à la régle qui semble lier les taches aux orages magnétiques, les deux phénomènes ne paraissant pas liés par des relations de cause à effet.

Il existe effectivement de très belles taches qui se produisent sans perturbations, et, au contraire, de grandes perturbations qui n'ont pas été accompagnées de taches. Il semble donc probable, à Cortie, que la seule corrélation qui puisse exister entre les deux phénomènes est celle qui relie deux effets indépendants d'une même cause (The Astrophysical Journal, t. XVI, année 1902).

Marchand démontra, dès l'année 1888 (Mémoires de l'Académie des Sciences de Lyon, 1888), que les perturbations magnétiques se produisent par périodes égales à celles de la rotation solaire et qu'elles ont lieu au moment où elles passent au méridien astral. Les régions d'activité sont définies non par des taches qui ne paraissent être qu'accessoires, mais par des facules.

Marchand a cité à ce sujet (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1892, p. 410) les passages de facules, ou de facules et de spores sans taches, du 20 novembre 1890, du 14 octobre 1891, du 17 janvier 1892, qui ont donné lieu, lors de leur plus courte distance au centre solaire, à des perturbations magnétiques terrestres très intenses.

D'aprés Schuster (Journal de Physique, 1904), la rotation solaire seule n'exerce aucune influence sur les variations magnétiques terrestres. Il a constaté, effectivement, que la déclinaison magnétique de Greenwich n'indique aucune période sensible comprise entre vingt-cinq et vingt-sept jours.

Suivant Lockyer, les variations, par saison, dans la fréquence des tempêtes magnétiques et des aurores polaires dépendent des positions de l'axe du Soleil par rapport à la Terre. Les époques d'opposition des régions polaires solaires nord ou sud, au cours de l'année, correspondent à celles de la plus grande fréquence des tempêtes magnétiques, et c'est ainsi aux époques où les régions polaires du Soleil sont le plus troublées que se produisent souvent les tempêtes magnétiques (CIEL ET TERRE, t. XXV, n° 8, 1er juillet 1904).

Les protubérances sont souvent suivies de fortes perturbations magnétiques. Wild cite une protubérance du 16 août 1885 (COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, CII, p. 510), qui atteignit une hauteur de 9′ 30″ et qui donna une perturbation magnétique cinq fois plus forte que celle du 7 octobre 1880, qui, cependant, avait 13′ de hauteur. Il y a donc lieu d'admettre, comme pour les taches solaires, que la seule corrélation qui existe entre les deux phénomènes est celle qui relie deux effets indépendants d'une même cause.

Maunder est d'accord avec Marchand pour reconnaître que la courbe des facules solaires s'harmonise mieux avec celle des orages magnétiques que celle des taches ou des protubérances.

Aurores polaires. — Le magnétisme terrestre et les orages magnétiques sont étroitement liés aux aurores polaires et la période correspondante aux maxima d'intensité des aurores est, comme celle des taches solaires, de 41,1 années. On a également observé, en certaines régions, dans l'Amérique du Nord entre autres, qu'il y avait plus d'aurores boréales en été qu'en hiver, et on a trouvé pour ces météores une période de vingt-six jours coïncidant avec celle des phénomènes magnétiques terrestres et en concordance également avec les périodes lunaires.

Il se pourrait d'ailleurs que le maximum d'intensité des aurores polaires coïncidât avec le milieu du jour, vers 2 h. 40 de l'après-midi, ainsi que le maximum de la déclinaison magnétique.

Arrhénius, qui est partisan de l'émission cathodique du Soleil, trouve aussi d'étroits rapports entre les maxima d'activité solaire et les phénomènes magnétiques terrestres, et il constate que les maxima des aurores correspondent aux dates du 5 mai et du 3 septembre, époques où la Terre se trouve vis-à-vis des points situés à 70° au nord et au sud de l'équateur solaire (Revue générale des Sciences, t. 13, p. 65. — Proceedings of the Royal Society, t. XXIII, p. 496).

Il y aurait donc, suivant lui, des maxima d'activité solaire à ces époques, de même qu'il y aurait des minima d'activité solaire au 6 décembre et au 4 juin. Le plus faible minimum correspondrait à l'époque du 4 juin, qui est celle de l'aphélie. La période de 29,93 jours qui correspond, d'après Arrhénius, à celle des maxima des aurores polaires, coïncide exactement avec celle de la révolution synodique des hautes régions de l'atmosphère solaire, tournant plus lentement que les régions profondes.

Lockyer a trouvé, de son côté, qu'en dehors de la période de onze ans, il existe une sous-période de treize ans et demi dont on trouve la trace dans les relevés barométriques des stations anglaises de l'Inde et de Cordoba (Amérique du Sud) (Monthly Notices, t. LXVI et LXIII).

Villard, s'inspirant des observations sur les aurores polaires, est parvenu à reproduire d'une façon saisissante les diverses particularités de ces phénomènes en faisant jaillir un faisceau cathodique aussi parallèle que possible dans une ampoule vide d'air. Ce faisceau cathodique étant incliné par rapport aux lignes de force du champ magnétique produit entre les pôles

d'un électro-aimant, on obtient une représentation frappante du magnifique phénomène (COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 11 juin 1906).

Arctowski signala la simultanéité qui existe dans l'apparition des aurores boréales et australes (COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 11 mars 1901). Les aurores australes qu'il observa en 1897-99, à bord de la *Belgica*, correspondaient exactement à celles observées au pôle Nord, au même moment, par Nordenskiold.

Birkeland définit l'origine électrique des aurores polaires dans les régions supérieures de l'atmosphère de la façon suivante (VIDENSKABSSELSKABETS-SKEFTER, t. 1) : Les aurores polaires sont dues à des courants électriques entièrement localisés dans l'atmosphère supérieure et qui y circulent à peu près parallèlement au sol. Une aurore boréale se manifeste chaque fois qu'un courant électrique suffisamment dense se produit dans les régions supérieures de l'atmosphère. Ces effets électriques *ne paraissent pas dus à des rayons cathodiques* émanés du Soleil, car ces rayons cathodiques s'enrouleraient autour des lignes de force du champ terrestre et les rayons auroraux auraient alors une direction toute différente de celle qu'on observe.

Nordmann a constaté, d'autre part, que les aurores ne produisent de perturbations magnétiques sensibles que lorsqu'elles sont animées de mouvements rapides. Si elles sont stables quoique brillantes, ces perturbations magnétiques font défaut (JOURNAL DE PHYSIQUE, 1904).

D'après Paulsen, tous les faits précédents semblent démontrer que les courants électriques de l'atmosphère qui sont les agents de ces perturbations, ne sont pas les causes des aurores boréales, mais sont des phénomènes concomitants qui n'accompagnent ceux-ci que dans certains cas (METEOROLOGISCHE ZEITSCHRIFT, 194, passim).

Maunder dans une récente étude (The Astrophysical Journal, XXI, 1905. — Ciel et Terre, avril 1905) sur les relations existant entre les maxima solaires et les grands phénomènes électro-magnétiques de la Terre formule les conclusions suivantes :

1° L'origine des perturbations magnétiques est dans le Soleil, et pas ailleurs. Leur période est celle de la rotation synodique et non celle de la rotation sidérale;

2° Les aires solaires qui provoquent les orages magnétiques sont bien définies;

3° Ces aires, comme les zones des taches, sont entre 0° et 30° de latitude;

4° Les plus fortes perturbations magnétiques sont dues à l'apparition des grandes taches;

5° L'activité magnétique d'une aire donnée peut précéder la formation d'un groupe important de taches et lui survivre;

6° L'action magnétique est limitée à un faisceau étroit qui tourne, à toute distance, avec le Soleil; ainsi s'expliqueraient le commencement brusque et le retour périodique des orages magnétiques;

7° La longueur moyenne de ces faisceaux peut se déduire de la durée moyenne des orages magnétiques;

8° L'activité des taches parait sujette à des éclipses;

9° Les taches qui donnent lieu aux grandes perturbations passent en général au sud de l'équateur solaire. Il semble donc que leur action n'est pas exactement radicale.

Essaims cosmiques. — Le passage périodique des essaims cosmiques entre le Soleil et la Terre joue un rôle très manifeste dans la physique et la météorologie terrestres. L'origine électrique de ces perturbations n'est pas douteuse. Zenger en a fait une étude des plus intéressantes.

Il trouva qu'un intervalle à peu près régulier de dix

à treize jours existait entre les grands mouvements sismiques qui se répètent çà et là à la surface du globe. Le passage des essaims cosmiques paraît souvent agir d'une manière concordante avec l'influence directe du Soleil (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, CVIII, p. 1459). Les perturbations qui résultent du passage de ces essaims météoriques surviennent deux fois par rotation solaire accomplie, d'après les observations de Wild (Observatoire de Pawlowsk), de Marchand (Observatoire de Lyon) et celles de l'Observatoire du Parc Saint-Maur (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, année 1887, t. I, p. 1556).

Wild démontra ensuite que les grandes perturbations magnétiques de 1880 et 1884 avaient été simultanées pour le globe entier; il en résulte qu'une cause extra-terrestre agit au même moment sur le potentiel du globe et produit à la fois des perturbations magnétiques, les courants terrestres et les aurores boréales.

Zenger pense que l'*action électrique du Soleil* se manifeste comme cause principale et l'action électrique entre la Terre et les nuages cosmiques, comme cause secondaire des perturbations magnétiques (Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Année 1887, t. I, p. 1556).

Poursuivant ses études, Zenger annonçait en 1890 (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, année 1890, p. 422) que l'on pouvait penser que, à l'occasion des recrudescences de l'activité solaire au mois d'août 1890 et du passage des grandes masses de nuages cosmiques, les hautes couches de l'atmosphère ont été chargées d'électricité à potentiel élevé; alors se sont produites des décharges puissantes et prolongées qui ont déterminé des mouvements tourbillonnaires et des condensations rapides de vapeur d'eau, de là des cyclones, des trombes, des orages et, par l'aspiration des gaz souterrains, des émanations de

grisou dans les houillères et des éruptions volcaniques souvent accompagnées de tremblements de terre. Lorsque le passage des essaims périodiques d'étoiles filantes coïncide avec une grande activité à la surface solaire, Zenger prévoit de grandes perturbations atmosphériques et sismiques. C'est ainsi qu'il a pu prédire les orages du 10 et du 23 août 1895.

Météorologie. — A côté des phénomènes magnétiques généraux qui sont répartis sur toute la surface de la Terre, il en existe d'autres d'importance moindre qui jouent un rôle dans la météorologie des diverses régions du globe. Ces phénomènes locaux sont encore incomplètement étudiés, mais il est vraisemblable que les causes dont ils dépendent sont celles-là mêmes, qui relient entre eux les phénomènes généraux que nous avons rappelés.

Voici quelques-uns de ces faits. Les nuages élevés sont plus abondants aux époques de plus grande fréquence des aurores polaires.

M. Brunhes a constaté que la pluie ou le brouillard apportaient généralement une charge négative dans l'atmosphère.

Shaw a vérifié que la distribution des lignes d'égale pression démontre que la circulation atmosphérique se fait dans les couches inférieures, de l'est à l'ouest autour de l'axe polaire, et en direction inverse dans les couches supérieures. Garrigon Lagrange, qui a étudié les mouvements généraux de l'atmosphère en Europe et dans l'Amérique du Nord (*Congrès de Grenoble*, octobre 1905), a constaté que dans l'hémisphère boréal tout entier il y a quatre régions inégales mais symétriquement placées au point de vue des pressions : dans deux de ces régions le baromètre est élevé, dans les deux autres il est bas. Parfois il se produit une réunion des deux régions de hautes pressions et des deux régions de basses pressions.

Lockyer a trouvé qu'il existait deux centres de variations barométriques situés aux antipodes l'un de l'autre : l'un se trouve dans l'Inde, l'autre à Cordoba dans l'Amérique du Sud, dont nous avons parlé précédemment au sujet des aurores polaires. On observe sur l'ensemble du globe tout entier des variations dont la période serait à peu près l'inverse de celle des cycles des taches solaires, soit environ onze ans. Les années de haute pression moyenne sont celles où les taches sont le plus petites. Les variations de l'Inde et celles de l'Amérique du Sud ne sont pas inverses, il y a une différence de six ans environ entre leurs maxima. La variation de dix-neuf années serait due aux actions solaires modifiées par quelque cause terrestre.

D'autre part, Brillouin a trouvé qu'il existait une corrélation évidente entre les facules, les taches solaires et le temps (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 21 septembre 1896). Selon lui, toute entrée de taches entourées de facules étendues et brillantes, produit dans les vingt-quatre heures un trouble rapide et étendu dans la circulation atmosphérique. Les modifications du temps sont lentes et progressives quand il n'entre pas de nouvelles taches dans le Soleil ; mais dès que des cirrus caractéristiques apparaissent dans les hautes régions, il y a toujours une tache dans le Soleil.

Lumière zodiacale. — Il existe un fait, sur l'explication duquel les astronomes ne sont pas encore parvenus à se mettre d'accord, c'est l'origine précise de la lumière zodiacale. Cette traînée lumineuse dans le firmament, sorte de croissant gigantesque qui émarge de l'horizon pendant les nuits sereines, est encore une énigme pour tous.

Pour d'aucuns, cette vague phosphorescence qui se dresse comme un immense point d'interrogation à l'horizon avant ou après le coucher du Soleil, ne serait

qu'une auréole formant cortège au disque solaire. Sa forme serait celle d'une ellipse allongée, et son grand axe s'étendrait au delà de l'orbite terrestre. La matière extrêmement ténue qui la constitue réfléchirait les rayons solaires à la façon d'une vapeur légère, rappelant vaguement, dans la nuit étoilée, l'aspect nébuleux des comètes.

Pour d'autres, au contraire, tels que Forster et Arrhénius, on devrait admettre que la lumière zodiacale ne serait qu'une double queue lumineuse provenant, non pas du Soleil, mais de la Terre elle-même. Cette double émission céleste de la matière, portée à un état de division extrême, se réunirait dans la région équatoriale de la Terre pour s'élargir et s'étendre progressivement sous forme de croissant suivant la direction du Soleil.

Ionisation de la haute atmosphère. — Lénard a démontré que les rayons ultra-violets possédaient la propriété de donner naissance à des charges électriques libres, positives et négatives au sein des gaz qui sont traversés par eux.

Nous savons également que lorsque des gaz extrêmement raréfiés et où la pression est égale à 10^{-9} millimètre de mercure (tels que ceux de la surface de l'atmosphère terrestre) sont soumis à l'action simultanée de radiations ultra-violettes et d'une induction électrostatique positive, il se produit une ionisation de ces gaz.

Les ions ou électrons mis en liberté sous cette double action sont chargés négativement, et ils peuvent acquérir, sous l'action des forces mises en jeu, une énergie cinétique suffisante pour échapper à l'attraction de la Terre. Il suffit que la vitesse des électrons devienne supérieure à $11^{m},180$ par seconde pour que cet effet se produise.

D'après la grandeur probable des actions mises en

jeu, à la surface de l'atmosphère, il semble très vraisemblable qu'une ionisation active se produit dans les couches extérieures de cette atmosphère, accompagnée d'effets de radio-activité, de rayons cathodiques et de rayons Rœntgen.

Les électrons chargés négativement s'échappent hors de l'atmosphère terrestre et emportent dans l'espace leurs charges négatives en même temps qu'une partie matérielle de notre atmosphère.

Nous savons, du reste, que la grandeur des charges électriques que possèdent les électrons est considérable par rapport à leur masse matérielle.

L'ionisation des couches extérieures de l'atmosphère terrestre pourrait donc libérer des charges électriques considérables, tout en n'y produisant qu'une très faible disparition de matière.

Pour en revenir à l'hypothèse de l'ionisation de la surface de l'atmosphère terrestre, nous devons constater que deux faits essentiels, considérés comme admis, n'ont en réalité subi aucune vérification expérimentale directe.

L'ionisation des dernières particules gazeuses de l'atmosphère est supposée s'effectuer sous une pression initiale de 10^{-9} millimètre de mercure environ, en contact direct avec le vide interplanétaire.

Or jamais ce fait n'a pu être vérifié, car dans tous les essais les gaz dilués sur lesquels on opérait étaient séparés de l'extérieur par des substances solides, telles que des ampoules de verre, de quartz ou de métal.

Nous ignorons également de quelle nature sont les gaz qui occupent les régions supérieures de l'atmosphère. Il semble admissible que ces gaz soient légers et de nature différente de ceux de la basse atmosphère. L'étude approfondie du spectre des régions supérieures des aurores polaires pourra, sans doute, nous fournir de précieux renseignements à ce sujet.

III. — DÉDUCTIONS RELATIVES A LA PHYSIQUE TERRESTRE

Nous venons de résumer quelques-unes des théories actuelles sur l'action électrique du Soleil sur la Terre; nous allons, dans l'exposé qui va suivre, chercher à préciser davantage le rôle que paraît jouer l'induction solaire dans ses manifestations physiques.

Afin de pouvoir édifier une théorie aussi complète que possible de l'action électrique du Soleil sur la Terre, déduite de l'induction solaire, nous nous trouvons dans l'obligation de recourir à un certain nombre d'hypothèses.

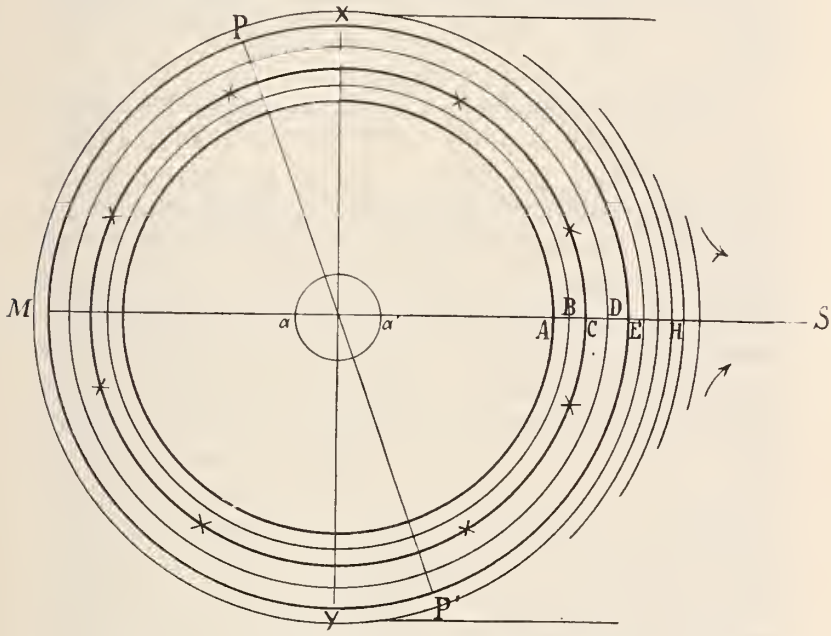
C'est cette théorie générale que nous allons exposer d'une façon succincte, en l'appliquant aux faits précédemment énumérés, tels que la lumière zodiacale, l'électrisation de l'atmosphère, le magnétisme terrestre, les orages magnétiques, les aurores polaires, les troubles sismiques, les éclipses solaires, la charge électrique de la lune et leurs conséquences générales sur la météorologie terrestre.

Nous avons vu que tous ces phénomènes dépendent de l'action solaire, très probablement d'origine électrique; nous allons voir qu'effectivement ils peuvent être expliqués d'une façon absolument satisfaisante par la seule action de l'induction électrostatique du Soleil.

Les zones électriques de l'atmosphère

Nous admettrons que l'atmosphère terrestre est constituée par une série de zones électriques superposées. Une première zone ABC de gaz denses, voisins du sol, forme un diélectrique gazeux dont le pouvoir

inducteur spécifique varie suivant la pression, la température, l'état hygrométrique, la quantité d'ions libres qu'elle renferme. La hauteur de cette zone au-dessus du sol est relativement faible, elle ne paraît guère dépasser 50 à 60 kilomètres, d'après les observations de la limite inférieure des aurores polaires. Une seconde zone CD surmonte la précédente. Les gaz de l'atmosphère y sont progressivement raréfiés jusqu'à la



Les zones électriques de l'atmosphère

pression de 10^{-2} millimètre de mercure. Leurs propriétés physiques seront analogues à celles des gaz des tubes de Geissler. Une troisième zone DE s'étend jusqu'à la limite supérieure de l'atmosphère. Leur pression décroît progressivement de 10^{-2} millimètre à 10^{-9} millimètre de mercure. La hauteur de cette couche extrême est, comme nous l'avons vu, voisine de 200 kilomètres au-dessus du sol. Les gaz qui la constituent

ont probablement une faible densité spécifique, et ils sont entraînés, comme l'atmosphère tout entière, par la rotation de la Terre, en glissant pour ainsi dire directement sur le vide interplanétaire.

Les radiations solaires provoqueront une ionisation et une électrisation intenses des couches supérieures de la région équatoriale de l'hémisphère XHY. Sous cette action, des électrons échapperont à la gravitation terrestre, emporteront dans l'espace des charges négatives et se dirigeront vers le Soleil, chargé positivement.

Lumière zodiacale. — Pour un observateur placé dans l'hémisphère non éclairé par le Soleil, l'émission cathodique précédente, qui se produit au-dessus de la zone équatoriale ensoleillée, lui apparaîtra, avant et après le coucher du Soleil, comme un faisceau faiblement éclairé, à cause de sa masse extrêmement petite. Les électrons, qui constituent ce faisceau lumineux, subiront l'action directrice du champ terrestre et sous son influence se rapprocheront de la direction des pôles. L'aspect de cette émission cathodique serait donc celui d'une sorte de double corne, prenant naissance à l'équateur et s'inclinant vers les pôles, analogue à celui de la lumière zodiacale. Rien ne prouve du reste que ce phénomène, s'il se produit, ne soit différent d'un second, d'origine purement cosmique, ces deux phénomènes restant indépendants l'un de l'autre. Une étude plus approfondie de la lumière zodiacale et de ses relations avec l'activité solaire permettra seule de résoudre le problème.

Électrisation de l'atmosphère. — La disparition d'une charge négative des couches supérieures de l'atmosphère entraînerait nécessairement l'apparition d'une charge positive équivalente dans les couches plus profondes. Cette charge se manifesterait sous forme

d'ions positifs, dont le nombre irait en décroissant de la région neutre D jusqu'à une région C où la charge positive atteindrait un maximum. Cette charge, ainsi que le nombre d'ions, décroîtrait ensuite de C jusqu'à B. La couche d'air isolante inférieure AB s'opposerait au refoulement de la charge positive de C jusqu'au sol.

La quantité d'ions positifs que l'on rencontre dans les régions inférieures voisines de B devrait varier avec l'intensité de l'induction solaire. Elle devrait être plus élevée pendant le jour que pendant la nuit, et varier également pendant les périodes de maxima ou de minima d'activité solaire ainsi que pendant les éclipses. Toutes ces conjectures sont conformes aux faits constatés.

Charge négative du sol. — Sous l'influence de la charge positive de la couche d'air C, le sol devrait acquérir une charge négative. Et sous l'influence de l'attraction réciproque de ces deux charges opposées, une partie de ces charges pénétrerait dans l'épaisseur même du diélectrique. Ainsi s'expliqueraient la charge négative du sol et celle des couches d'air directement en contact avec lui, et la présence d'ions positifs dans des régions assez voisines du sol.

La pénétration de ces deux charges opposées dans les couches d'air inférieures se ferait d'autant plus facilement que leur conductibilité serait accrue sous des actions diverses, telles que la présence de brouillards, de la vapeur d'eau, d'ions émis par le sol, etc.

Les diverses couches électrisées de l'atmosphère. — Un observateur qui s'élèverait jusqu'à la limite supérieure de l'atmosphère traverserait successivement les diverses couches suivantes :

Au voisinage du sol, une région chargée négativement jusqu'en B. En B, un potentiel nul. De B en C, un potentiel positif croissant, avec un maximum en C.

De C en D, un potentiel positif décroissant et nul en D. De D en E, un potentiel négatif croissant, avec un maximum au voisinage de E. Enfin, dans la région tropicale éclairée, un potentiel négatif décroissant progressivement à partir de D.

Le globe terrestre et les diverses couches de l'atmosphère se comporteraient donc comme un double condensateur sphérique à électrodes concentriques. L'armature intermédiaire C porterait une charge positive, tandis que les armatures internes A et externes E seraient chargées négativement.

Courants électriques dans la haute atmosphère

La zone équatoriale de l'atmosphère supérieure qui est soumise à l'action solaire affecterait une forme de calotte sphérique, pourvue d'une charge électrique décroissant du centre vers les bords.

Une charge positive équivalente à la charge négative libérée par le Soleil dans cette région serait refoulée dans les parties profondes C, ainsi que dans l'atmosphère de l'hémisphère obscur XMY. Si la Terre restait immobile dans l'espace, cette double charge atteindrait rapidement un régime d'équilibre et il ne se produirait aucune décharge ni aucun courant de convection.

Mais sous l'action du mouvement de rotation de la Terre, les masses électriques de la haute atmosphère seront entraînées de l'est à l'ouest et il résultera de ce fait un excès d'ions négatifs dans une zone située en avant de la région soumise au maximum d'activité solaire. Pour une raison analogue, un excès d'ions positifs sera transporté dans une direction opposée. Il résultera de ce double transport inverse une rupture d'équilibre dans les charges électriques de la haute

atmosphère et la production probable de courants de convection dans ces régions par un véritable flux d'électricité circulant de l'est à l'ouest dans la haute atmosphère et s'étendant, dans le sens de la largeur, de l'équateur jusqu'aux régions polaires, avec une intensité décroissante du centre jusqu'aux bords.

Ce courant circulerait autour du globe, se rapprocherait du sol dans l'hémisphère obscur et s'en éloignerait dans l'hémisphère éclairé, car la charge positive en mouvement serait attirée vers le sol dans le premier; au contraire, la charge négative en mouvement serait portée vers les régions supérieures dans le second.

Ce flux de convection circulant d'une façon continue de l'est à l'ouest se présenterait donc sous la forme d'une sorte d'anneau circulaire décentré par rapport à l'axe terrestre. Cet anneau serait plus éloigné du sol dans la région directement soumise à l'action solaire et, au contraire, serait plus rapproché du sol dans la partie de l'hémisphère obscur diamétralement opposée à la précédente.

Partant de cette hypothèse nous pourrons en déduire les phénomènes suivants :

Champ magnétique terrestre. — Le flux électrique circulant dans la direction est-ouest de la haute atmosphère produirait une résultante magnétique dont la direction concorderait sensiblement avec l'axe de rotation terrestre. La position relative des pôles magnétiques par rapport à cet axe pourrait cependant se trouver légèrement modifiée par les variations que subirait ce flux sous diverses influences solaires ou terrestres.

Orages magnétiques. — Le champ magnétique devrait conserver une valeur sensiblement constante par suite de l'intensité régulière du flux. Cependant,

toute modification rapide qui surviendra dans l'action solaire pourrait produire un accroissement momentané de cette intensité, se traduisant par des variations correspondantes des constantes magnétiques terrestres donnant naissance à des orages magnétiques.

Variations diurnes du champ terrestre. — Nous avons admis que le flux de convection serait plus rapproché du sol dans la région obscure de la Terre que dans l'autre. L'action magnétique devrait donc être plus intense dans cette région que dans l'autre et correspondre à un accroissement de l'intensité du champ terrestre pendant la nuit et à une diminution pendant le jour. Cette hypothèse est, en effet, conforme aux observations que nous avons signalées précédemment.

Variations périodiques du champ terrestre. — En chaque point de la Terre les effets précédents dépendraient de la position relative de l'axe terrestre et de l'axe solaire dans l'espace. On sait que l'axe terrestre ne coïncidant jamais avec l'axe magnétique XY, il peut se produire par suite de variations périodiques dans la position relative de ces deux axes, telles que saisons, précession des équinoxes, etc., des variations correspondantes dans les divers phénomènes terrestres qui en dépendent, tels que champ terrestre, aurores polaires, régime météorologique.

Les variations dans la position relative de l'axe solaire et de l'axe terrestre produiraient également les troubles constatés par Arrhénius à l'époque des maxima du 5 mars et du 3 septembre, ainsi qu'aux minima du 4 juin et du 6 décembre.

Courants telluriques. — Les variations de l'intensité des courants de la haute atmosphère, résultant des troubles électriques du Soleil, feraient naître des courants induits à la surface du sol lorsqu'elles se pro-

duiraient avec une rapidité suffisante. Ces courants auraient une direction sensiblement parallèle à celle de l'équateur. D'autres courants provenant des décharges dues aux aurores polaires auraient une direction normale aux précédents et suivraient la direction des méridiens terrestres. En fait, on constate l'existence de ces deux espèces de courants telluriques.

Aurores polaires. — Sous l'action du refroidissement polaire, les régions atmosphériques situées aux pôles subiront une condensation plus grande qu'à l'équateur et la résistivité y sera moindre.

Lorsque, sous l'action d'une suractivité solaire brusque, les couches supérieures de l'atmosphère acquerront une charge trop élevée, l'équilibre électrique se rétablira par une décharge partielle entre les couches supérieures chargées négativement et les couches plus profondes positives. Cette décharge s'effectuera aux points de moindre résistance, c'est-à-dire aux pôles. Elles seront, en outre, orientées par le magnétisme terrestre qui subira lui-même un accroissement momentané sous l'action de la suractivité solaire.

Ces décharges polaires, correspondant aux aurores polaires, devront présenter dans leurs couches les plus rapprochées du sol, des décharges analogues à celles des gaz peu raréfiés, comme dans les tubes de Geissler, tandis que, dans les couches élevées, ces décharges devront ressembler à celles des gaz très raréfiés, comme dans les ampoules de Crookes.

Effectivement les aurores ont une apparence stratifiée et brillante vers le bas et, au contraire, peu lumineuse et analogue aux décharges cathodiques vers la partie supérieure.

Troubles sismiques. — Il semble probable que, si les faits précédents sont exacts, la surface terrestre tout

entière subit une attraction permanente sous l'action de la charge électrique de l'atmosphère.

Les variations de charge de l'atmosphère se traduiraient par des oscillations plus ou moins fortes de la croûte terrestre ou des mers. Les premières correspondraient aux tremblements de terre et aux mouvements sismiques qui agitent continuellement le sol, les secondes donneraient naissance aux ras de marée et aux tempêtes marines.

L'abbé Moreux a fait remarquer que de simples orages pouvaient donner lieu à des attractions suffisamment puissantes, entre les nuées chargées d'électricité et le sol, pour provoquer des tremblements de terre ; à plus forte raison pouvons-nous concevoir que la puissante attraction de la haute atmosphère puisse provoquer des phénomènes du même ordre, mais beaucoup plus étendus.

Éclipses solaires. — La suppression momentanée de l'action solaire sur une portion de la surface terrestre par l'interposition de la masse lunaire aura pour conséquence d'interrompre les effets d'ionisation et d'induction dus au Soleil dans la région éclipsée et d'y amener des troubles électriques et magnétiques correspondants. Nous avons vu précédemment que des troubles semblables ont été effectivement constatés.

La Lune. — La Lune est un globe conducteur isolé dans l'espace. Les dernières observations qu'on a faites sur cet astre font croire qu'elle est entourée d'une atmosphère extrêmement raréfiée et probablement peu élevée au-dessus de la surface. Les gaz constituant cette atmosphère devront subir les actions inductrices et ionisantes du Soleil, et par un mécanisme analogue à celui que nous avons étudié pour la Terre, la Lune devra acquérir une charge positive permanente. Quelques observations faites à ce sujet semblent effectivement confirmer cette hypothèse.

Nous citerons l'une d'elles, faite le 1er septembre 1906, alors que la pleine Lune devait avoir lieu le 25 septembre suivant :

Il était 8 h. 45 du soir, la Lune, élevée de 30° à l'horizon, brillait d'un vif éclat. La température était de 20° C. et l'état hygrométrique de l'air était de 0,52.

Le ciel, pur, était parsemé de quelques légers cirrus, l'atmosphère était calme.

On utilisa les mêmes appareils que dans les observations précédentes sur le Soleil, mais la rosée du soir rendit l'isolement défectueux et l'on ne put en obtenir un bon fonctionnement qu'en les chauffant préalablement.

Il fut possible de constater qu'aprés avoir chargé l'électromètre négativement jusqu'à la division 400 de l'échelle, et en exposant directement la plaque isolée aux radiations lunaires, on obtenait une décharge de 400° à 450° (soit environ 80 volts) dans l'espace de 40 secondes. En exposant ensuite la plaque vers un point du ciel voisin de celui occupé par la Lune, la même décharge de 400° à 450° ne se fit plus qu'en 240 secondes. C'est-à-dire que la chage *positive* produite par la Lune était six fois plus forte que celle due à l'atmosphère.

Malgré ces premiers résultats encourageants, nous ne pourrons être affirmatifs sur cette question très importante avant d'avoir pu les contrôler dans une série de recherches suivies. Ces recherches sont malheureusement délicates et des conditions favorables aux observations ne se présentent que rarement.

Quoi qu'il en soit, si la Lune possède réellement une charge positive comme nous avons lieu de le croire, l'on pourrait s'expliquer le rôle actif que cet astre jouerait dans la physique et la météorologie terrestres.

Toute cause pouvant amener une variation dans l'action de la charge lunaire provoquerait aussitôt des troubles correspondants dans l'atmosphère terrestre,

troubles qui seraient suffisants pour modifier le régime du temps. L'action électrique que la Lune pourrait provoquer sur les animaux et les végétaux, par un temps clair, s'expliquerait facilement.

Le potentiel lunaire pourrait avoir une action directe sur les aurores polaires. L'abbé Moreux, qui avait eu connaissance de nos dernières recherches, dit, au sujet de la période de 26,4 jours, indiquée par Liznar pour les aurores : « Nous nous rallierons davantage à la théorie de Ekholm et de Svante Arrhénius, qui pensent que cette période est plutôt en accord avec la *Lune*. Pourquoi, sans abandonner l'hypothèse d'une action électrique, ne pourrait-on croire à une influence de ce genre causée par notre satellite? Les travaux entrepris par notre ami, le docteur Nodon, semblent confirmer cette manière de voir et prouver que la Lune a une action très marquée sur le potentiel atmosphérique » (*Les Aurores australes*, par l'abbé Th. Moreux. Cosmos, n° 1138).

Météorologie.—Les phénomènes météorologiques ont une intensité plus faible et une étendue plus limitée que ceux que nous venons de passer en revue. Cette action locale dérive le plus souvent des précédentes, mais elle est également soumise à l'influence de l'état topographique et climatologique de la localité. Les lois qui les régissent sont donc beaucoup plus complexes.

Ce ne sera que par le groupement méthodique des effets partiels, que l'on peut observer au même instant en un grand nombre de points du globe, que l'on parviendra à en tirer des déductions réellement scientifiques, et à jeter les bases de la science météorologique.

Radiations calorifiques du Soleil. — A côté de l'action électrique du Soleil, il convient d'étudier l'action de ses radiations calorifiques, qui jouent certainement

un rôle important dans la physique terrestre. Langley, qui a fait une étude des radiations infra-rouges émises par le Soleil, a reconnu que certaines bandes d'absorption subissaient d'importantes variations dont l'origine est encore mal connue, mais qui semblent jouer un rôle important dans la physique terrestre.

Telles sont les bandes $\Phi = 1^{\mu}\ 1$ et $X = 2^{\mu}\ 6$ dues à la vapeur d'eau, et la bande $Y = 4^{\mu}\ 6$ due à l'acide carbonique.

L'étude de ces bandes d'absorption présenterait un grand intérêt, car l'on sait que les trois quarts de l'énergie solaire se manifestent sous la forme calorifique.

Cette étude est malheureusement fort délicate avec le bolomètre, mais la découverte de plaques thermographiques, analogues aux plaques photographiques, pourrait rendre un signalé service à l'étude de la chaleur solaire.

Nécessité d'organiser des observations régulières du Soleil. — L'étude du Soleil a déjà pris, à l'heure actuelle, un tel développement qu'elle nécessite l'emploi d'un outillage scientifique spécial, dans des observations appropriées à ces recherches.

La plupart des grandes nations, sauf peut-être la France, possèdent déjà des observatoires de physique solaire.

Souhaitons que celles qui en sont encore dépourvues, la France comprise, puissent rapidement combler cette lacune, dans l'intérêt de la Science en général et de la Météorologie terrestre en particulier.

ALBERT NODON,
Docteur ès Sciences.

LES PORTS

ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE [1]

IX

LE PORT DE DÉLOS

Situation et configuration générale

L'île de Délos est située au milieu de l'Archipel, à peu près au centre des Cyclades, qui forment un cercle « κύκλος » autour d'elle (2).

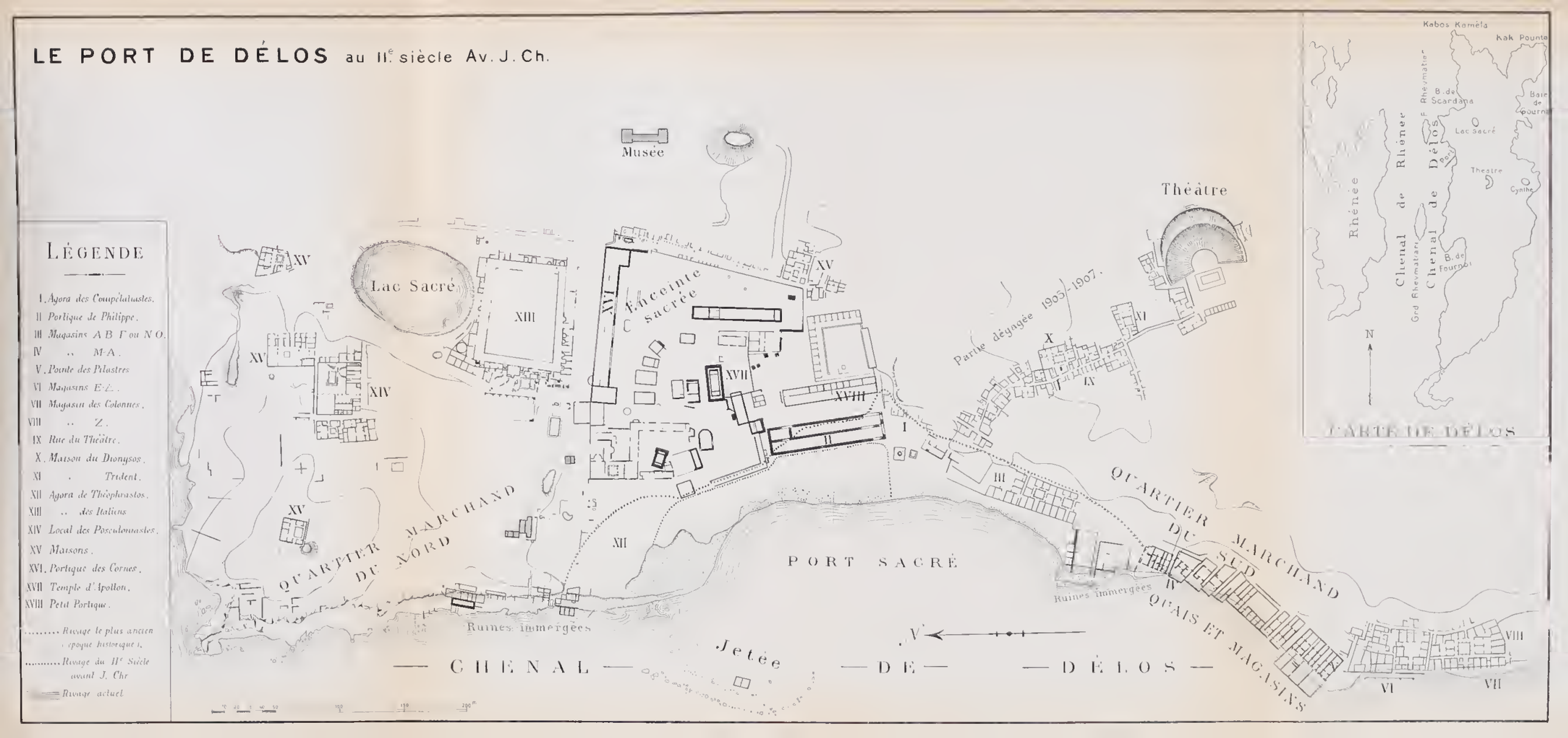
C'est un rocher, granit et gneiss, aride et nu, exactement orienté du sud au nord. Du nord au sud, la

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, troisième série, t. IX, avril 1906, p. 357 ; t. X, juillet 1906, p. 110; t. XI, avril 1907, p. 494.

(2) BIBLIOGRAPHIE. Sur Délos, voir la notice de V. von Schoeffer dans Pauly-Wissowa, *Real-Encyclopädie der classischen Altertumswissenschaft*, t. IV (Stuttgart, 1901), col. 2459-2502 et les sources qui y sont indiquées. Le présent article est basé, avant tout, faut-il le dire ? sur les travaux publiés par les archéologues français, à la suite des fouilles entreprises par l'École française d'Athènes. Notamment : Th. Homolle, *Les Romains à Délos*, BULLETIN DE CORRESPONDANCE HELLÉNIQUE, VIII, 1884, pp. 75-158. — Ed. Ardaillon. *Rapport sur les fouilles du port de Délos*, IBID., XX, 1896, pp. 428-445. — Ch. Diehl, *Excursions archéologiques*, Paris, 1890, pp. 125 et suiv. — A. Jardé, *Le quartier marchand au sud du sanctuaire*, BULLETIN DE CORRESPONDANCE HELLÉNIQUE, XXIX, 1905, pp. 1-54. — A. Jardé, *Fouilles dans le quartier marchand*, IBID., XXX, 1906, pp. 632-664. — Des rapports succincts sur les fouilles paraissent régulièrement dans les COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES.

M. A. Jardé, l'archéologue si distingué qui a attaché son nom au dégagement du quartier marchand, a bien voulu revoir les épreuves de mon travail. Je lui adresse un cordial et affectueux merci.

LE PORT DE DÉLOS au IIe siècle Av. J. Ch.



distance extrême est de cinq kilomètres (5017 m.); de l'ouest à l'est, sa largeur maxima est de 1291 mètres (1). Naxos est près de 116 fois plus grande. Un chenal large de deux kilomètres, en moyenne, sépare Délos de l'île voisine de Rhénée, île plus considérable, appelée aussi la grande Délos, et qui mesure 17 kilomètres carrés. Deux écueils déserts, distants de 150 mètres, le petit Rhevmatiari et le grand Rhevmatiari (les îles du courant) occupent le milieu du chenal, à peu près comme les piles d'un pont. Ils suivent la côte à près de 200 mètres.

Le sol de l'île est très accidenté. Les anciens en comparaient l'aspect, à vol d'oiseau, à celui d'une chlamyde déployée. Au nord, deux caps poussent fort avant dans les flots leurs falaises noires, déchiquetées par la mer et battues par les vents. Ce sont : la pointe Κάμηλα, orientée vers Tinos et la κακὴ Πούντα (la méchante), orientée vers Mykonos. Au sud, Délos se prolonge par un îlot en forme de faucille.

L'île est dominée par le Cynthe, qui s'élève jusqu'à 118 mètres. Du côté est, le versant en est droit et abrupt. Du côté ouest, au contraire, les hauteurs vont diminuant en pente douce, jusqu'à un plateau traversant l'île d'un rivage à l'autre, de l'ouest au nord-est, et formant plaine. Cette plaine s'abaisse vers le rivage ouest, en face du grand et du petit Rhevmatiari.

Le rivage, tourné vers ces écueils et vers Rhénée, présente trois anses : la calanque de Scardana, le port central dont je parlerai en détail et le port de Fournoi (des fours à chaux).

Telle est la configuration générale.

(1) Ardaillon et Convert, *Carte archéologique de l'île de Délos*. Paris, 1902. p. 10.

Délos sanctuaire et port. Les fouilles françaises

Délos, aujourd'hui morte et déserte, fut une des villes les plus riches, les plus célèbres, les plus fréquentées de l'antiquité.

C'était la claire, la brillante, où le Dieu du Soleil, Apollon, avait vu le jour au bord du Lac Sacré, terre privilégiée des dieux, terre de sanctuaires admirables et vénérés, où affluaient pèlerins et visiteurs, appartenant à toutes les classes de la population, venus de tous les points du monde hellénique.

Terre sacrée et asile inviolable aussi !

Les Perses qui, au cours des guerres médiques, brûlèrent Athènes et saccagèrent à l'Acropole la demeure d'Athena, passèrent respectueux sur l'ordre du Grand Roi à côté du territoire d'Apollon Délien. Plus tard, quand vint un moment d'accalmie après la tempête, ce fut à l'Ile sainte que l'on confia le trésor de la Ligue — la Ligue de Délos — formée de tous les Etats grecs, unis pour conjurer le péril oriental.

La sécurité et la paix régnaient autour du sanctuaire : il n'en fallait pas plus pour que le commerce y naquît et s'y développât.

Et ces rivages, où se pressait la multitude des prêtres, des serviteurs et des adorateurs du dieu, où se déployait, en toute sa splendeur, la pompe des théories et des brillants cortèges, où abordaient les ambassades solennelles, devinrent, à la longue aussi, et par la force même des choses, le théâtre de foires et de marchés très suivis, un rendez-vous de navigateurs et d'hommes d'affaires, un vaste entrepôt et l'une des places de commerce les plus importantes de l'antiquité.

Par sa situation, l'île se prêtait, d'ailleurs, admirablement à ce rôle. Délos se trouvait à distance égale entre la Grèce et l'Asie, en un point vers lequel conver-

geaient toutes les grandes voies de navigation. Elle était — comme sa proche voisine Syra l'est devenue aujourd'hui — un « reposoir » tout indiqué, un centre idéal de ravitaillement et de trafic.

Une ville sainte et un grand port, voilà ce que fut Délos dans l'antiquité, ce qui fit sa fortune et sa notoriété.

Je ne parlerai ici que de la cité marchande et des installations maritimes. Je le ferai au gré des souvenirs que m'a laissés l'inspection des lieux ; je le ferai surtout à la lumière des découvertes archéologiques les plus récentes, faites au cours de fouilles qui sont la gloire de l'Ecole française d'Athènes.

Commencées en 1877 par M. Th. Homolle, avec des ressources très modestes, et poursuivies, pendant quelques années, avec une ténacité, un courage et une abnégation admirables, les fouilles de Délos ont été reprises en grand, depuis 1903, grâce à la munificence princière du duc de Loubat. Un chiffre et un détail permettront de juger de leur importance : en 1905, la campagne dura quatre mois (1), pendant lesquels six cents wagonnets de déblais furent jetés quotidiennement à la mer.

Couronnées d'un plein succès, ces recherches ont permis de reconstituer la cité disparue. Elles ont mis au jour l'enceinte sacrée où, suivant l'expression de M. Diehl, « tous les grands événements qui ont agité le monde hellénique ont laissé quelque trace, où tous les maîtres successifs du bassin oriental de la Méditerranée ont tenu à graver leur nom et à élever des monuments de leur puissance ». Elles nous ont rendu également les diverses parties du port : installations maritimes, jetées, quais, docks, entrepôts et magasins,

(1) Rappelons avec fierté la part prise à ces travaux mémorables par un de nos compatriotes, M. Fernand Mayence, membre étranger de l'École française.

quartiers marchands avec leurs édifices publics et privés, depuis la boutique du petit détaillant jusqu'à l'hôtel du négociant millionnaire, jusqu'au club où les hommes d'affaires se réunissaient pour se délasser.

En outre, quantité d'inscriptions trouvées sur les lieux sont venues, fort à propos, compléter les renseignements que nous donnaient sur Délos les auteurs anciens et, avec l'exactitude des documents d'archives les plus précieux, nous fournir sur l'histoire de la cité, sur son administration, sur les éléments de sa population, les indications les plus circonstanciées (1). En 1904, cent soixante-quatorze documents lapidaires ont été mis au jour!

Aperçu historique. Fonction économique du port

La grande prospérité du port de Délos date de l'époque romaine.

Néanmoins, de tout temps, la place eut une certaine importance commerciale. La religion et le commerce y ont vécu côte à côte et dans une étroite dépendance, depuis la plus haute antiquité : celui-ci protégé par celle-là. Un fait est caractéristique : on évalue la fortune d'Apollon au Ve siècle, à 100 talents (2). Elle consiste en propriétés foncières, en terres, en maisons qu'on donne en location, en offrandes et objets de luxe. Certains droits que l'on concède rapportent aussi quelques redevances : droit sur la pêche de la pourpre

(1) On trouve un joli choix de ces inscriptions dans les recueils épigraphiques de MM. Charles Michel, *Recueil d'inscriptions grecques*, Bruxelles, 1900, et Dittenberger, *Sylloge inscriptionum graecarum*, 2e édit., Leipzig, 1898. Voir les tables.

(2) Nous prenons les chiffres donnés par V. von Schoeffer dans Pauly-Wissowa, *Real-Encyclopädie*, t. IV, c. 2479.

dans les environs, droit sur la pêche du poisson (1), droit de déchargement, droit de mouillage dans les ports de Délos et de Mykonos. Mais il y a aussi de l'argent liquide : 50 talents environ, au Ve siècle, que l'on prête à des villes et à des particuliers à 10 p. c. pour cinq années. Et ces particuliers que sont-ils? fermiers, cultivateurs, établis à Rhénée sur les terres du dieu? — Sans doute. Mais ce sont aussi, n'en doutons pas, des commerçants à la recherche de capitaux.

Jusqu'au IIe siècle avant J.-C., Délos ne fut qu'une place toute secondaire.

« Le trafic de la mer Egée, écrit M. Victor Bérard (2), semble, à travers les siècles, régi par une loi constante. Toutes les fois qu'un commerce étranger est maître de l'Archipel, c'est au centre de la mer, dans l'une des trois îles, Syra, Délos ou Mykonos, qu'il lui faut « un reposoir », comme disent les marins du XVIIe siècle, un ponton et des *docks*, diraient les marins d'aujourd'hui. Quand, au contraire, ce sont les indigènes du continent, sur les côtes européennes et asiatiques, qui détiennent le trafic, le rôle de ces îles centrales disparaît. Elles en cèdent les bénéfices à des ports de la périphérie continentale, Corinthe, Athènes, Salonique, Smyrne, Éphèse ou Milet. »

On ne saurait mieux dire.

Jusqu'au IIe siècle, les grandes places de commerce se trouvent « sur la périphérie continentale ». Ce sont Athènes d'abord, puis, après Alexandre-le-Grand, Corinthe qui reste florissante, Byzance et surtout Rhodes qui prétend à l'hégémonie commerciale et maritime. Délos, malgré tous les avantages qu'elle présente, n'est qu'une place de troisième ordre. Pourquoi en eût-il été

(1) Les comptes nous parlent de la pêche du poisson dans le Lac Sacré. Celui-ci a été récemment mis à sec. On y a fait une trouvaille intéressante et inattendue : il était plein d'anguilles, dont on ne soupçonnait pas l'existence.

(2) *Les Phéniciens et l'Odyssée*, t. I, p. 313.

autrement? Elle manque d'hinterland. Elle ne possède, en dehors de son port et de la sécurité qui y règne, aucune des ressources indispensables à la naissance et au développement d'une industrie propre, d'un commerce local. Son sol est aride; il ne fournit ni bois de construction, ni produits exportables, ni minerais, ni matières premières. Sa population peu nombreuse avait, pour reprendre les expressions de M. Homolle (1), « l'indolence que donne d'ordinaire aux habitants des villes saintes l'habitude de tout attendre du dieu qui les nourrit et des étrangers dont la piété les enrichit sans travail. » Et de fait, les Déliens sont surtout connus dans l'antiquité par leur habileté dans l'apprêt des cérémonies et des banquets. Ils sont serveurs, cuisiniers et maîtres d'hôtel. Ils sont aubergistes et engraissent des volailles. Ils sont appelés ἐλαιοδύται, παράσιτοι τοῦ θεοῦ ou καρυκοποιοί : nous dirions marmitons, tournebroches, gâte-sauce. Ils n'ont ni l'esprit d'entreprise, ni l'amour des aventures, ni le goût des affaires.

La prospérité des ports grecs a toujours été liée à la direction du commerce international et, par conséquent, très précaire et toute momentanée. Vienne celui-ci à se déplacer : ce sera pour certaines villes un arrêt de mort; pour d'autres, l'accession à la fortune et le début d'une ère de grandeur.

Or, voici qu'au début du IIe siècle, Rome conquiert la Grèce et remporte en Macédoine et en Asie des victoires décisives (187-190). Elle assoit son empire sur toute la Méditerranée orientale.

C'est un nouveau consommateur qui entre en scène, c'est un nouvel acheteur. Et ce client est de telle importance qu'il faudra choisir un endroit nouveau où les produits des différentes régions pourront, à mi-chemin des pays d'origine, être centralisés et mis à sa portée (2).

(1) Homolle, B. C. H., VIII, 1884, p. 79.
(2) Diehl, *op. cit.*, p. 158.

Délos convenait admirablement à cette destination et, après la conquête, elle voit affluer sur son territoire les négociants, les entrepreneurs de transport, les banquiers : toute une colonie italienne qui a pour elle le nombre, l'argent, le prestige du nom romain, et dont l'influence sera, peu de temps après, absolument prédominante.

Une fois de plus, l'expansion mercantile a suivi l'expansion militaire.

Pour faire le jeu de ces immigrants et pour remettre l'île en des mains sûres, le Sénat adjoignit Délos, en 166, à l'État athénien. Les insulaires, à quelques rares exceptions près, furent expulsés et partirent pour l'Achaïe. Des clérouques athéniens les remplacèrent. En même temps, pour briser la puissance commerciale de Rhodes et assurer à tout jamais le triomphe des capitalistes romains, on fit du port de Délos un port franc. Ce fut pour Rhodes un coup mortel. Ses revenus douaniers baissèrent dans des proportions inquiétantes (1).

La chute de Corinthe en 146 et la réduction de l'Asie en province romaine portèrent à son comble la puissance de la Ville sainte. La chute de Corinthe débarrassa Délos d'une rivale gênante et la réduction de

(1) On admet généralement qu'après trois années de ce régime, les revenus douaniers tombèrent de 1 million à 150 000 drachmes. Le dernier chiffre est basé sur le passage de Polybe (XXX, 7, 12), rapportant les reproches des Rhodiens aux membres du Sénat romain : τοῦ γὰρ ἑλλιμενίου κατὰ τοὺς ἀνώτερον χρόνους εὑρίσκοντος ἑκατὸν μυριάδας δραχμῶν, νῦν εὑρίσκει πεντεκαίδεκα μυριάδας. Mais il faut remarquer que εὑρίσκει n'est qu'une conjecture assez malheureuse de Bekker pour εὑρήκατε que donne le Ms. Y (εὑρίκατε Ms. X). Mieux vaut la lecture ἀφῃρήκατε, proposée par Hultsch et admise par le dernier éditeur Buttner-Wobst (vol. IV, p. 311). Elle donne un sens beaucoup plus satisfaisant : les revenus ont diminué de 150 000 drachmes ; ils sont tombés de 1 million à 850 000 drachmes. C'est ce qu'avait déjà parfaitement vu M. Homolle, B. C. H., 1884, *op. cit.*, p. 92 : « la baisse est de 5 p. c. par an ». Cf. H. van Gelder, *Geschichte der alten Rhodier*, La Haye, 1900, p. 156, note 1. — Val. von Schoeffer, art. cité, col. 2494, dit : ... tombèrent à 15 000 drachmes ! C'est évidemment une faute d'impression.

l'Asie en province romaine fut pour la République une source inépuisable de richesses.

A cette époque, les Athéniens firent au port de grands travaux d'aménagement et d'amélioration. Nous verrons plus loin en quoi ceux-ci consistèrent.

Délos est devenue le centre des échanges entre la Grèce, l'Asie et l'Italie. Elle alimente elle-même le marché dans une très faible mesure. On ne cite que quelques articles d'exportation : du bronze et de menus objets en bronze, des onguents, des poulets. Toute l'importance de la place réside dans un commerce de transit entre l'Orient et l'Occident.

C'est là que Rome vient chercher les nombreux objets de luxe dont elle a un si impérieux besoin. Que l'on se rappelle le tableau saisissant qu'a tracé de cette époque M. Ferrero, au chapitre second de sa *Grandeur et décadence de Rome* (1) :

« Le désir de jouir, si longtemps contenu, éclata dans les appétits primordiaux et animaux : la gloutonnerie, la sensualité, la vanité, le besoin d'émotions violentes, cette ostentation des choses coûteuses et cette profusion de la richesse, faite uniquement pour montrer qu'on la possède, le luxe absurde et grossier des parvenus. A Rome, un cuisinier habile fut payé extrêmement cher; les repas frugaux de jadis se prolongeaient en banquets interminables pour lesquels on rechercha les friandises les plus rares, comme les vins de la Grèce, les saucisses et les poissons salés du Pont.

» L'art délicat d'engraisser les volailles fut apporté de Grèce en Italie; on vit des citoyens se montrer en état d'ébriété dans les assemblées, des magistrats s'acheminer vers le Forum à demi-ivres, les yeux brillants, et interrompre de temps à autre leurs affaires pour courir aux amphores que les édiles faisaient déposer dans les coins écartés des rues et des places. Les

(1) Tome I, p. 30.

belles esclaves et les beaux esclaves coûtèrent fort cher... »

Épices, friandises, vins, étoffes rares, œuvres d'art, chair humaine, voilà les articles qui s'entassent dans les entrepôts de Délos à destination de l'Italie. Ce qui est le plus demandé sur le marché, c'est l'esclave. On en vendait jusqu'à 10 000 en un jour. On connaît le proverbe rapporté par Strabon; il se rapporte au trafic des esclaves en l'Ile sainte : « Débarque, négociant, expose ta marchandise, tout est vendu » (1).

La prospérité commerciale de Délos alla en augmentant toujours jusqu'au dernier tiers du IIe siècle, époque qui en marque le point culminant. La population s'est accrue, les loyers ont monté et leur hausse a coïncidé avec la baisse des fermages. Les inscriptions, si heureusement mises à profit par M. Homolle dans ses savants travaux, le font voir. Elles en disent long aussi sur la direction des courants commerciaux et sur la fonction économique du port.

Le trafic est, avant tout, aux mains des Romains : innombrables sont les capitalistes, les agents des factoreries et compagnies commerciales, les commis, les fondés de pouvoirs, les représentants des grandes maisons de banque fixés à Délos. Les Grecs sont peu nombreux et ils sont principalement fonctionnaires, magistrats ou attachés au service du culte.

Les représentants de la Macédoine et des îles de la mer Égée y sont en grande minorité. Tout le trafic est orienté vers le Levant. On est en relations avec la Bithynie, le Pont, la Phénicie, la Syrie, la Cappadoce, l'Égypte, contrées qui se rapprochent des pays producteurs les plus éloignés. Les documents lapidaires nous font connaître les noms de très nombreux

(1) Strabon, XIV, 668 : Δῆλος, δυναμένη μυριάδας ἀνδραπόδων αὐθημερὸν καὶ δέξασθαι καὶ ἀποπέμψαι, ὥστε τὴν παροιμίαν γενέσθαι διὰ τοῦτο. ἔμπορε, κατάπλευσον, ἔξελου, πάντα πέπραται.

habitants de Délos, originaires d'Alexandrie, d'Antioche, d'Héraclée du Pont : c'est le contingent le plus fort. Puis viennent ceux de Tyr, Sidon, Berytos, Arados, Ascalon, Laodicée, Hierapolis, Nicomédie, Nicée, Amisos, Nymphée : tous négociants ou banquiers.

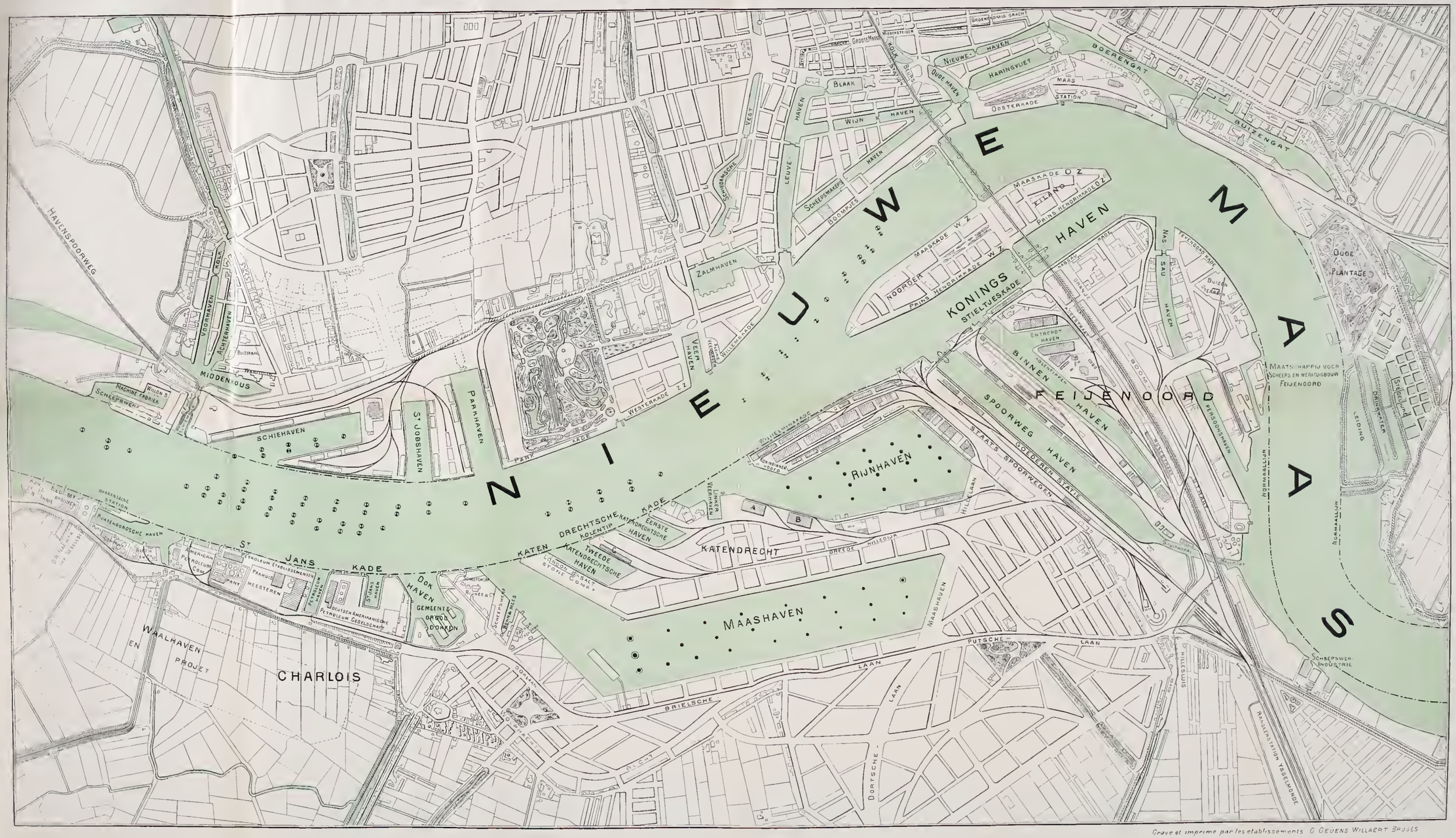
Ces étrangers se groupent sous le patronage de l'une de leurs divinités nationales. Ils lui rendent un culte et débattent en commun les questions professionnelles. Mais leurs associations sont aussi bien des sociétés de secours mutuels ou des sociétés d'agrément que des réunions d'affaires. Il y a les ἱεροναῦται de Tyr, sous la protection de Baal, les Poseidoniastes de Berytos ou Beyrouth (Ποσειδωνιασταὶ Βηρύτιοι ἔμποροι καὶ ναύκληροι καὶ ἐκδοχεῖς), les marchands de Bithynie (εἰς Βιθυνίαν καταπλέοντες ἔμποροι καὶ ναύκληροι), le synode des Égyptiens et le synode des Syriens. Il y a surtout les nombreux collèges italiens qui vénèrent Hermès, Apollon, Poseidôn : Ἑρμαισταί, Ἀπολλωνιασταί, Ποσειδονιασταί. Enfin, les petits bourgeois, affranchis et esclaves, importent le culte des *Lares Compitales* et célèbrent les *Compitalia*. Ils forment la confrérie des Κομπεταλιασταί, confrérie très nombreuse dont l'importance alla toujours croissant, durant de longues années.

Au milieu de tout cela, les Grecs paraissent assez effacés. Délos est devenue une ville cosmopolite.

Toute cette prospérité fut anéantie par la première guerre de Mithridate. Le puissant roi du Pont envoya l'un de ses généraux dans l'île, qui fut détruite, en 87. Vingt mille Déliens périrent dans cette affaire. Une tentative de restauration fut faite après la campagne : les habitants qui avaient échappé au danger s'efforcèrent de relever la cité de ses ruines. Rien n'y fit. Quelques années après, en 69, les corsaires, avec qui Mithridate avait contracté alliance, brûlèrent la Ville sainte pour la seconde fois. Ce fut un désastre. Le commerce déserta une place aussi menacée. Il prit une

Supplément à la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, livraison du 20 juillet 1907.

PORT DE ROTTERDAM - 1907



Echelle de $\frac{1}{10\,000}$ — 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

Grave et imprimé par les établissements G. GEUENS WILLAERT BRUSSES

autre route. Les habitants de Pouzzoles et d'Ostie allèrent chercher directement les produits aux lieux d'origine. Cet état de choses fut-il uniquement causé par des faits de guerre? — Le siècle avait-il marché? Les temps étaient-ils accomplis? — Une chose est certaine, c'est que le silence se fit peu à peu autour de Délos. Les habitants s'en allèrent pour ne plus revenir, et, pour paraphraser le mot d'Alphée de Mitylène (1) : « Apollon régna seul de nouveau sur l'île déserte et appauvrie » (2).

Telles sont les considérations générales que je tenais à présenter, tout d'abord, sur l'histoire de la place et la fonction économique du port. L'examen des lieux ne fera, je l'espère, que confirmer l'exactitude des observations qui précèdent.

Aspect général de la rade
Configuration du rivage — Dimensions

Jetons les yeux sur le plan du port de Délos, à la fin du IIe siècle avant notre ère, qui accompagne cette notice et pénétrons dans le chenal, en face du grand et du petit Rhevmatiari.

(1) *Anthol. Palat.*, IX, 100.

(2) « Une position géographique très heureuse, dit M. Homolle, des influences religieuses en ont fait une cité populeuse et opulente, un grand port de transit, un rendez-vous général pour les pèlerins et les marchands du monde grec; mais il suffisait qu'un fléau vint à frapper cette population de hasard, un désastre la disperser ou seulement l'atteindre dans ses intérêts, que les voies du commerce fussent détournées par une autre ville plus habile, que le culte fût abandonné, pour que l'île tombât, et tombât dans une misère complète et sans retour, car elle n'avait en elle-même aucune ressource.

» Les mêmes causes agissent en tous temps de la même manière. Peu s'en est fallu que la renaissance de Délos ne suivît celle de la Grèce : quand on voulut trouver dans la mer Égée un port d'attache pour les lignes de paquebots, c'est là qu'on songea d'abord à l'établir. On a choisi Syra, aussi bien située, mais aussi pauvre, et plus sèche encore;... elle tomberait comme Délos si le Lloyd autrichien, les Messageries maritimes et les autres compagnies de navigation portaient ailleurs leurs comptoirs; déjà la concurrence du Pirée l'arrête dans son développement. »

Devant nous, l'enceinte sacrée, sur une terrasse qui domine la mer. Elle est bornée, au nord, par une série de portiques; au sud et à l'est, par des monuments et par des rues. Elle forme comme une ville à part, parfaitement circonscrite et délimitée.

A droite et à gauche, la ville marchande et les installations maritimes : à droite, le quartier marchand du sud, à partir de l'Agora des Compétaliastes; à gauche, le quartier marchand du nord, à partir de l'Agora de Théophrastos. Entre les deux Agoras, le Port Sacré, ou lieu de débarquement des pèlerins et des cortèges religieux se rendant au Sanctuaire (1).

La rade était bien abritée. Elle était protégée du côté de l'est par l'île même; au sud, par les avancements de la côte et par le grand Rhevmatiari; à l'ouest, par les deux îlots et par Rhénée; au nord, enfin, par une ligne de récifs (2).

Ces récifs, semés dans la mer sur une longueur de 280 mètres, partent de la côte et s'avancent en biais dans le chenal, formant jetée. Pour fermer le port, les anciens n'ont eu qu'à compléter l'œuvre de la nature.

(1) Ce fut par là qu'entra à Délos, sans doute en 425, l'illustre général et homme d'État Nicias, avec la théorie solennelle qu'Athènes envoyait chaque année. Mais il ne mouilla pas dans le Port Sacré, comme c'était l'usage. Nicias avait apporté d'Athènes sur son vaisseau un pont de bois merveilleusement décoré. La veille de la fête, il aborda dans l'île de Rhénée, fit jeter le pont, pendant la nuit, par-dessus le chenal en passant, sans doute, par le petit Rhevmatiari; et le lendemain, la multitude qui se trouvait à Délos put contempler ce spectacle inattendu : la procession sacrée de la cité de Minerve s'avançant lentement vers la cité d'Apollon, entre l'azur du ciel et l'azur des flots, dans une atmosphère merveilleusement pure, dans la patrie du Soleil! Musiciens superbement parés, chanteurs entonnant les hymnes saints, groupes harmonieux et nobles attitudes, comme en vit l'époque de Périclès et comme aucune autre époque ne devait plus jamais en voir : quelle vision d'art éblouissante, quelle fête d'incomparable beauté!

(2) Je suis ici l'opinion traditionnelle. M. Cayeux, après inspection attentive des lieux, est arrivé à la conviction absolue que toute la jetée serait artificielle; et ce que l'on a pris, jusqu'à présent, pour des récifs ne serait qu'une succession d'énormes quartiers de roche apportés par les hommes. L'éminent géologue n'a pas encore publié le résultat de ses recherches à ce propos.

Ils ont immergé entre les roches d'énormes blocs de pierre. Ainsi renforcée, la digue constituait une barrière suffisante contre les vents du nord qui se font parfois sentir de façon terrible en ces parages. Aujourd'hui encore, la rade reste calme derrière les pierres noires et, cependant, la jetée s'est écroulée et rompue. Il n'en reste plus que la carcasse, les trous bouchés autrefois se sont rouverts et les quartiers de roche amenés pour les combler, culbutés et rongés par les flots, sont réduits en morceaux, en gravier et en sable.

Depuis les temps anciens, la configuration du rivage s'est légèrement modifiée, non pas que le niveau de la mer ait varié, ainsi qu'a cherché à le prouver, à tort, semble-t-il, M. Ph. Negris au cours de nombreux travaux, fort intéressants d'ailleurs (1); mais les siècles et les éléments ont fait leur œuvre, et dans l'antiquité même, comme nous allons le voir, les hommes avaient fait la leur. Les anciens avaient fait au port de Délos des travaux d'aménagement grandioses.

C'est la conclusion qui ressort d'observations très précises faites à Délos en 1906, par M. L. Cayeux, président de la Société géologique de France. Vraiment, nous ne pourrions mieux faire que de reproduire ici les termes dans lesquels le savant auteur a résumé le résultat de ses recherches (2).

« Une exploration minutieuse du Port Sacré, dit M. L. Cayeux, m'a permis de reconnaître — et de tracer presque point par point — deux anciens rivages antérieurs à notre ère : l'un date au moins du VIIIe siècle, l'autre du IIe et du Ier siècle.

» Le plus ancien de ces rivages empiétait nettement sur le Sanctuaire, de sorte que plusieurs monuments

(1) L'hypothèse de M. Negris paraît bien avoir été réduite à néant par l'article de M. Cayeux : *Fixité du niveau de la Méditerranée à l'époque historique*, ANNALES DE GÉOGRAPHIE, n° 86, XVIe année, 15 mars 1907, pp. 97-116.

(2) L. Cayeux, art. cité, p. 102.

reposent en partie sur des dépôts laissés par la mer — à l'époque historique — et fournissent ainsi une limite d'âge indiscutable.

» Ces dépôts, rencontrés dans un grand nombre de tranchées, ont des caractères qui ne laissent aucun doute sur leur origine marine. Ils sont essentiellement formés de sables grossiers renfermant des graviers, des galets, beaucoup de poteries roulées et de nombreuses coquilles de mollusques presque toujours entières. Il est indéniable que, au VIIIe siècle avant notre ère, le Port Sacré était beaucoup plus vaste que de nos jours.

» La mer présentait alors son maximum d'extension dans la région du Port et couvrait la bordure occidentale du Sanctuaire...

» Les Anciens ont déplacé le rivage vers l'ouest et conquis sur la mer la place nécessaire à l'agrandissement du Sanctuaire par une série de remblais édifiés à des époques différentes. Ces remblais ont été faits dans la mer et les dépôts marins rencontrés dans le Sanctuaire se trouvaient encore sous l'eau quand on a construit les édifices qui les masquent aujourd'hui. Les Déliens ont fait un grand usage des remblais à base de tessons de poteries. Ils les ont utilisés non seulement pour élargir le Sanctuaire, mais pour créer, aux dépens de la mer, l'Agora de Théophrastos au nord du Port Sacré, l'Agora des Compétaliastes au sud.

» L'Agora de Théophrastos a été construite, ou tout au moins achevée, vers la fin du IIe siècle avant notre ère. Le remblai qui en forme le sol repose sur des sédiments marins analogues à ceux qui se sont déposés sur le bord du territoire du Sanctuaire, jusqu'au VIIIe siècle avant J.-C. La surface de ces dépôts, déterminée par quatorze tranchées, se tient sans exception à moins d'un mètre au-dessous du niveau actuel de la mer; elle est nettement remontante du côté du rivage et

s'élève dans cette direction jusqu'à la cote $0^m,07$. A quoi correspond la surface supérieure de ces dépôts recouverts par le remblai? Elle représente le fond de la partie de la mer qui occupait l'emplacement de l'Agora au moment où le remblai a été fait, c'est-à-dire au IIe siècle.

» Les multiples travaux dont il vient d'être question ont complètement modifié le dessin du rivage et celui du Port Sacré. Après la construction des monuments qui bordent le Sanctuaire et l'achèvement des Agoras, le Port Sacré était limité au nord par l'Agora de Théophrastos, à l'est par le Sanctuaire, au sud par l'Agora des Compétaliastes. Cette limite fixe la configuration du port et le dessin du rivage au IIe et au Ier siècle avant notre ère. On peut montrer, preuves en mains, que, à cette époque lointaine, la mer baignait le pied du Sanctuaire, et qu'elle atteignait déjà sa hauteur actuelle. »

Depuis l'antiquité, le port s'est ensablé et des matériaux nombreux ont été jetés ou sont tombés à la mer, soit au moment de la chute de Délos, soit à des époques plus récentes. Dans la partie nord, près de la côte, il n'y a plus que 2 à 3 mètres d'eau. Seules, de faibles barques peuvent venir échouer sur la plage, et les navires d'un tonnage quelque peu important doivent stopper et mouiller à 30 ou 40 mètres. Il est évident que l'étendue actuelle de la rade ne correspond plus absolument à celle qu'elle avait au IIe siècle.

De toute manière les dimensions de l'ancien port paraîtraient bien exiguës à nos yeux habitués à l'ampleur des installations maritimes modernes. Ce serait naïveté que de vouloir s'en étonner et les rapprocher des 25 kilomètres de quais du port de Marseille, ou même des dimensions du nouveau port de Gand avec ses 6053 mètres de quais d'accostage, ses 1020 mètres courants de talus perreyés, ses 14 000 mètres courants de talus gazonnés!

Actuellement, le port proprement dit, de l'extrémité de la jetée jusqu'à la pointe des Pilastres, ne mesure que 650 mètres; le développement du rivage n'atteint que 800 mètres. Modestes aussi les annexes du port : la calanque de Scardana, au nord, la baie de Fournoi, au sud, la baie de Gourna, à l'est. Certes, la ligne des quais et des magasins se prolongeait au delà de la pointe des Pilastres, ainsi que l'ont montré les découvertes les plus récentes. Mais, de cent mètres à peine! L'île tout entière n'a, d'ailleurs, pas 5 kilomètres de longueur.

Toutefois, il ne faut pas oublier, comme le fait remarquer très justement M. Ardaillon, que les voiliers à quai — c'était le cas à Délos — s'amarrent côte à côte, proue en avant et poupe au quai, ce qui permet d'économiser beaucoup de place. Rappelons-nous aussi que, comparés aux imposants bâtiments qui sillonnent aujourd'hui les mers, les vaisseaux anciens sembleraient minuscules. Ils ne jaugeaient pas plus de 360 tonneaux.

Du portique de Philippe à la rue du Théâtre

Le Portique de Philippe marque la limite sud-ouest de l'Enceinte Sacrée. Cet édifice fut élevé en l'honneur d'Apollon par le roi Philippe V de Macédoine (205-197). Il a été déblayé en 1903 et 1904. Bien qu'il n'en reste plus que les fondations, on peut en déterminer le plan d'ensemble avec certitude.

On a cru longtemps que le Portique avait servi de δείγματα ou galerie d'étalage; mais il appert clairement, maintenant, qu'il n'a jamais abrité aucun commerce et n'a jamais été qu'un promenoir. Je ne le mentionnerai donc que parce qu'une découverte fort précieuse y a été faite, le 3 juillet 1905 : celle d'une stèle de marbre où se lit un réglement concernant la vente du bois et du char-

bon. Cette inscription, qui remonte à la seconde moitié du IIIe siècle, vient d'être publiée avec un commentaire tout à fait remarquable par MM. Schulhof et Huvelin (1). Non seulement elle est d'importance capitale, au point de vue de l'histoire et de la législation commerciale de Délos, mais, d'une façon générale, on peut dire, avec les savants éditeurs, que c'est « un des monuments juridiques les plus complets et les plus instructifs que nous ait légués l'antiquité grecque. Elle est, en effet, le premier document qui fasse connaître une réglementation commerciale, cohérente en toutes ses parties, traduisant clairement quelques-unes des idées qui régnèrent en matière économique dans les cités grecques. »

L'inscription, dont quarante-cinq lignes sont conservées, se divise en deux paragraphes. Le premier concerne la généralité des importateurs; le second les ἀτελεῖς, importateurs privilégiés, exempts du paiement des taxes et des droits de douane.

Le texte, remarquons-le, est antérieur à la construction du Portique où il a été découvert. Il a été retrouvé dans ses fondations en sa place primitive et il est probable qu'en cet endroit, avant la construction de l'édifice, l'on vendait les marchandises débarquées au port et notamment le bois et le charbon.

A côté du Portique se trouvait l'Agora des Compétaliastes, dont le dégagement, poursuivi de 1904 à 1906, n'est pas terminé. On y a mis au jour de nombreux débris : autels, bases de statues, édicules. L'Agora s'ouvrait au centre d'un quartier populeux, dont les rues s'enchevêtrent et dont les constructions se superposent. Il y a là des couches d'habitat correspondant à des siècles fort différents : à 2 mètres sous un bain romain et sous des maisons de l'époque chrétienne et de l'époque byzantine, MM. A. Jardé et Courby ont

(1) Bulletin de correspondance hellénique, XXXI, 1907, pp. 46-93.

dégagé des demeures de l'époque hellénique dont les murs sont conservés, en général, jusqu'à la hauteur de 1 à 3 mètres.

L'Agora marquait, peut-on dire, la limite ou le point d'aboutissement de deux quartiers : le quartier du théâtre et le quartier des docks.

Le premier, haut quartier, s'éloignait de la côte et s'élevait vers le centre de l'île, dans la direction du Théâtre et du Cynthe. Il a été déblayé au cours des campagnes de 1904 à 1906.

C'était une véritable Pompéi grecque, d'un aspect très pittoresque et très irrégulier, construite au jour le jour, « avec une admirable insouciance de la géométrie » (1). Dans l'artère principale, on a dégagé les vestiges de cinquante-sept maisons. La plupart étaient des demeures modestes ou de pauvres masures ayant servi de boutiques ou d'échoppes. D'autres, mais c'est l'exception, étaient des hôtels fort élégants, décorés avec luxe, ornés de belles mosaïques et riches en œuvres d'art. Les plus importants sont la Maison du Trident et la Maison du Dionysos, ainsi dénommées d'après les motifs de décoration des mosaïques les plus remarquables qu'elles renferment; dans la seconde, la mosaïque de l'impluvium représente Dionysos chevauchant un tigre.

La campagne de 1905 a été marquée par de belles trouvailles numismatiques faites dans ce quartier, le 14 juin, le 12 juillet et le 17 août : 173 pièces attiques du nouveau style, 249 tétradrachmes attiques et 650 deniers romains d'argent. Ces monnaies permettront de dater approximativement les édifices auprès desquels elles ont été mises au jour.

(1) M. Holleaux, *Rapport sur les travaux exécutés dans l'île de Délos.*

Le quartier marchand du sud

Le quartier des docks était en contre-bas. Le long de la mer, le tracé des quais est encore visible par endroits : notamment, en face des chambres I et II du Magasin Δ (voir ci-après), à 3m.15 du magasin. Ailleurs, ils ont été rongés par les flots ou recouverts par le sable et les alluvions. On a découvert même de nombreuses bornes d'amarrage : les unes, encore debout, dépassent le niveau de l'eau de 30 centimètres, les autres sont maintenant à sec dans le sable.

De ce côté comme dans le port, dit M. Cayeux (1), « le rivage actuel ne correspond nullement au rivage antique ».

« Tous les magasins ont été construits sur un remblai fait dans la mer, en sorte que le rivage le plus ancien est partout caché par des constructions qui lui assignent une limite d'âge. J'ai reconnu par de nombreuses tranchées ouvertes dans le sol des magasins et échelonnées sur une longueur de 500 mètres environ, que la surface supérieure des sédiments laissés par la mer sur leur emplacement se trouve toujours à moins de 60 centimètres au-dessous du niveau actuel de la mer. Cette surface remonte graduellement vers l'est et s'arrête à la cote — 0m.04. Il est clair que les eaux qui ont abandonné ces dépôts — avant notre ère — atteignaient déjà leur niveau actuel. »

Ainsi donc, les ingénieurs anciens ont conquis sur la mer l'emplacement des quais. Mais il y a plus. A l'endroit où nous sommes, et de même au nord du Port Sacré, on découvre (2) *sous l'eau* des vestiges nombreux de constructions anciennes. Il en existe aussi

(1) L. Cayeux, art. cité, p. 105.

(2) Voir aussi Ph. Negris, *Vestiges antiques submergés*, ATHENISCHE MITT., t. XXIV, 1904, pp. 340-363.

au fond de deux baies situées au nord-ouest et au sud-ouest de l'île. Ce sont des restes de quais, de débarcadères, etc. Leur examen a convaincu M. Cayeux, de façon absolue, que ces constructions avaient déjà été faites *sous l'eau* par les anciens.

Elles sont massives, composées de murs épais, très rapprochés et dépourvus d'ouverture. Pas de trace de baies, de seuils, de mosaïques ou de dallages noyés. En outre, elles « accusent un mode de construction très particulier. On a fait usage d'un mortier de ciment romain (1) qui a résisté à l'érosion marine presque aussi efficacement que les blocs de granit et de gneiss qu'il agglutine. On rencontre ce mortier à l'exclusion de tout autre dans les ruines immergées, et on ne l'observe jamais ailleurs. Il est donc manifeste que les constructions qu'il a servi à édifier se trouvaient, dès le principe, dans des conditions essentiellement différentes des autres. »

Les quais étaient très solidement construits et formés de dalles de schiste ou de granit, larges et épaisses, renforcées par de massifs contreforts perpendiculaires partant des maisons et magasins.

Après une première exploration, M. Ardaillon avait cru constater qu'ils n'avaient pas été ouverts, autrefois, à la circulation générale et qu'ils étaient divisés en plusieurs sections ou gradins correspondant à autant de magasins distincts et séparés. Chaque quai aurait constitué une propriété particulière, enclose de murs. C'est là, semble-t-il, une erreur, et les fouilles toutes récentes de M. A. Jardé paraissent bien établir, au contraire, que les quais étaient ouverts au public. Celui-ci y avait accès en dehors des magasins et des entrepôts.

(1) On désigne ainsi, dit M. Cayeux, un mortier de chaux grasse et de sable, rendu hydraulique par l'addition de tuiles écrasées.

Mais, ce qui est parfaitement exact, c'est que les docks de Délos ne formaient pas un ensemble uniforme. Ils se composaient d'une série d'édifices construits un peu au hasard, sans plan d'ensemble, et parmi lesquels on distingue trois groupes principaux.

J'emprunterai pour les désigner les dénominations que les archéologues français leur ont données, d'après les indications de plans faits au hasard de la découverte :

I. Premier groupe : groupe NO : fouilles de M. Ardaillon (1895) et campagne de 1903 [groupe αβγ de M. Jardé].

II. Deuxième groupe : groupe MA, à partir de la pointe dite des Pilastres jusqu'au précédent : fouilles de M. Ardaillon.

III. Troisième groupe : groupe ε, δ et magasin des colonnes : fouilles de M. Jardé (1903 et 1904); magasin ζ, encore inexploré.

I. Premier groupe : Trois vastes magasins, juxtaposés, avec étage. Deux d'entre eux (β et γ) possédaient une cour intérieure avec colonnade (dimensions de la cour du magasin β : $10^m,74 \times 9^m,50$). Ils renfermaient plusieurs logis indépendants, de grandeur différente : véritable série de boutiques et d'appartements, formés généralement d'une pièce au rez-de-chaussée et d'une chambre à l'étage. Il semble bien que chaque occupant y avait complet domicile.

Ces magasins, de physionomie assez complexe, convenaient à la fois au commerce de gros et au commerce de détail. Tous deux s'y faisaient, sans doute, et l'on suppose que grands négociants et petits détaillants, s'occupant du « même article », s'y groupaient, côte à côte, d'après leur spécialité.

L'un de ces immeubles était occupé par la corporation des marchands d'huile ou *Olearii*, ainsi que le

prouve une dédicace placée sur la base d'une statue élevée à *C. Julius C. f. Caesar*, père du dictateur, proconsul d'Asie entre 98 et 90 et patron de Délos.

De même, on sait maintenant que les marchands de vin ou « οἰνοπῶλαι » exerçaient leur négoce près de l'Agora des Compétaliastes. Les χρυσοπῶλαι étaient établis dans le quartier marchand du nord.

II. Second groupe : Série de magasins ou entrepôts, séparés par des ruelles et composés de plusieurs rangées de chambres. Les maisons sont construites, comme toutes les maisons déliennes, d'ailleurs, de grandes plaques de schiste, empilées, sans ciment et revêtues extérieurement et intérieurement d'un enduit peint, soit en teintes plates, soit polychromé, soit recouvert de sujets variés.

III. Troisième groupe : 1) Magasin δ dégagé, en 1904, comprenant une série de chambres rayonnant autour d'une cour centrale. Magasin ε, ensemble de petits logements.

2) Magasin des Colonnes, dégagé en 1903, comprenant une cour principale, et, à droite et à gauche de celle-ci, deux cours secondaires. Toutes ces cours sont entourées de chambres assez spacieuses — au nombre de 28 en tout — réunies par un long couloir de dégagement. Les dix chambres qui donnent sur le quai ne présentent aucune communication avec le reste du magasin. Ce dernier est construit sur un espace uni, resserré entre la colline qui se trouve en arrière et la mer, en contre-bas d'une rue qui la borne du côté est, au niveau du premier étage.

Tout l'immeuble est orienté vers le chenal. Du côté de la mer, il offre trois entrées larges et de plain-pied. Du côté de la ville, au contraire, il ne communique avec la rue que par un escalier. Il convient donc absolument à un commerce de transit. Selon toute vraisemblance, il faut voir en lui un entrepôt

et, ses vastes proportions l'indiquent, il doit dater de l'apogée du commerce délien. Sa destination paraît bien avoir été purement utilitaire : les œuvres d'art et les objets mobiliers y sont rares.

Les occupants du Magasin des Colonnes y logeaient-ils? — M. Jardé avait d'abord cru que non, et cela, pour une raison qui lui paraissait bien simple : il n'y avait trouvé ni puits ni citernes et il constatait que les eaux pluviales recueillies sur les toits étaient emmenées directement à la mer par les égouts. « Il fallait donc, écrit-il (1), aller au-loin s'approvisionner d'eau, et cette difficulté donne à penser que le magasin n'était pas habité. Nous nous représenterions plus volontiers le riche armateur ou le grand entrepositaire passant la journée au milieu de ses marchandises ou dans les bureaux de son magasin, et regagnant le soir sa luxueuse maison de la rue du Théâtre, tout comme le négociant ou le banquier de la Cité va retrouver son *home* dans les quartiers suburbains de Londres. C'est là une hypothèse séduisante, mais qui, toutefois, *aurait encore besoin de confirmation*. » Sages paroles! Le savant archéologue a constaté dans une exploration subséquente ce que ses premières recherches ne lui avaient pas révélé : la présence de puits et de citernes. En archéologie, plus encore qu'en toute autre chose, il faut savoir attendre et se garder des déductions hâtives et des conclusions précipitées.

Nous n'en dirons pas davantage du quartier marchand du sud, si ce n'est qu'il était desservi par un dédale de rues tortueuses zigzaguant entre des édifices placés très irrégulièrement « selon les nécessités du terrain ou les commodités des propriétaires riverains ».

Il nous reste à décrire rapidement le quartier marchand du nord, sans revenir sur ce qui a déjà fait l'objet d'observations précédentes.

(1) A. Jardé, B. C. H., t. XXIX, 1905, pp. 33-34.

Le quartier marchand du nord

Ce quartier avait son centre autour du Lac Sacré. C'était la ville basse, où les principales colonies d'étrangers, fixés à Délos, avaient établi le siége de leurs associations. En partant de l'Agora de Théophrastos, on y pénétrait par une large rue, laissant à droite l'Enceinte Sacrée et ses édifices et rencontrant, en face des Propylées, une autre grande artère orientée du sud au nord et parallèle au rivage.

Avant de nous engager dans la première avenue, remarquons la base de la statue de Théophrastos, d'Athènes, fils d'Héracleitos, du dème d'Acharnae qui fut épimélète de Délos vers 111 avant J.-C. (sous l'archontat de Diotimos) et construisit l'Agora, les digues (et les remblais ?) et les quais du port.

Θεόφραστον Ἡρακλείτου Ἀχαρνέα, ἐπιμελητὴν Δήλου γενόμενον, καὶ κατασκευάσαντα τὴν ἀγορὰν καὶ τὰ χώματα τὰ περιβαλόντα τῶι λιμένι, Ἀθηναίων οἱ κατοικοῦντες ἐν Δήλωι, καὶ οἱ ἔμποροι καὶ οἱ ναύκληροι, καὶ Ῥωμαίων καὶ τῶν ἄλλων ξένων οἱ παρεπιδημοῦντες, ἀρετῆς ἕνεκεν καὶ καλοκαγαθίας καὶ τῆς εἰς ἑαυτοὺς εὐεργεσίας, ἀνέθηκαν.

Le monument principal de ce quartier, et, sans contredit, le monument civil le plus important de tout Délos, était certainement l'Agora des Italiens ou « Schola Romanorum », dont le complet dégagement a été effectué en 1904 et 1905 par M. Bizard. C'était le local de la Société des Hermaïstes ou association des négociants italiens domiciliés à Délos. Il comprend de vastes édifices, élevés autour d'une cour centrale (de 100 mètres de longueur sur 70 de largeur), encadrée d'un portique. Côtés est et ouest : deux rangées de constructions orientées en sens inverse. A l'extérieur, vers les rues voisines : boutiques, échoppes ou ateliers ; à l'intérieur, loges ou niches, décorées de statues et monuments votifs.

Côté sud, simple en profondeur : rangée de vingt-deux boutiques toutes ouvertes sur la rue. Notamment, le magasin d'un marchand de figurines de Tanagra et l'atelier du sculpteur, dont les œuvres étaient destinées à embellir l'habitation du commerçant parvenu à la fortune. Le côté nord, plus étroit, confinait au Lac Sacré ou trochoïde, c'est-à-dire en forme de disque, sur les bords duquel Apollon aurait vu le jour.

« Les sous-sols des portiques, dit M. Homolle, servaient probablement de magasins; du moins, en dégageant certaines parties du mur de substruction, nombre d'amphores entières ont-elles été mises au jour, dressées encore et alignées. » L'édifice ne doit pourtant pas être considéré comme un dépôt de marchandises, encore moins comme un marché; les caves sont étroites, et il n'y a ni greniers, ni boutiques (1).

On a pu se convaincre par des sondages pratiqués jusqu'au roc, que ce monument n'avait été précédé par aucun autre sur cet emplacement. Du reste, à l'endroit où nous sommes, le sol très marécageux se prêtait peu à la bâtisse et on ne songea à l'employer qu'à une époque de grande prospérité, quand la population augmenta considérablement et quand se formèrent des associations assez puissantes et assez riches pour entreprendre de vastes travaux de terrassement et d'aménagement.

Le siège de l'Association des Poseidoniastes de Berytos a été retrouvé également en 1882 par M. Salomon Reinach, et dégagé entièrement en 1904. Il se trouvait à peu de distance, sur la pente des hauteurs qui s'élèvent entre le rivage et le Lac Sacré. Le rapport d'ensemble de ces dernières fouilles n'a pas encore été publié. Mais nous savons d'ores et déjà que la confrérie fut surtout florissante pendant la seconde moitié du

(1) Homolle, B. C. H., t. VIII, 1886, p. 116.

IIe siècle. La seule inscription exactement datée qui nous en reste est une dédicace en l'honneur d'Antiochos VIII (122 av. J.-C.).

Tels sont les principaux monuments et ce que l'on pourrait appeler les souvenirs tangibles, les reliques du port de Délos et de son activité commerciale. Tels sont, pour autant qu'ils puissent rentrer dans le programme d'études que s'est tracé la Société scientifique, les principaux résultats des fouilles effectuées en l'Ile sainte. Ces résultats fournissent, avant tout, comme on peut le voir, des indications topographiques et chronologiques. Ils suffisent, néanmoins, à donner une idée précise et complète de la place. Aucune leçon de choses ne pourrait être plus profitable et, au contact de la réalité, l'économiste, l'historien sauront se rendre compte, et mieux que de toute autre façon, de ce qu'était exactement un « grand port » de l'antiquité. Les découvertes que je viens de rapporter sont parfaitement en rapport, faut-il le dire, avec les chiffres et les faits que M. Henri Francotte a cités, ici même, l'an dernier. Elles confirment les observations si intéressantes, si neuves et si judicieuses du savant auteur de *L'Industrie dans la Grèce ancienne*. Je n'y reviendrai pas, afin de ne pas nuire à l'unité de l'enquête entreprise par la cinquième section. Pourquoi, d'ailleurs, répéter ce qui, déjà, a été si bien dit?

Et maintenant que la physionomie de la ville est retrouvée, on voudrait des chiffres, et des détails sur la réglementation commerciale et sur la législation du port, sur son mouvement, sur le nombre et l'importance des affaires traitées. On voudrait pouvoir enrichir l'histoire de Délos de deux chapitres nouveaux : économie politique et statistique. Les inscriptions découvertes sont innombrables, je l'ai dit, et donnent

des renseignements multiples (1), mais ce qui manque le plus, ce sont précisément des indications relatives à ces objets.

Le sol de Délos n'a heureusement pas encore livré tous ses secrets et les recherches ne sont point closes.

La découverte récente du réglement concernant la vente du bois et du charbon est bien faite pour encourager les efforts et faire entrevoir encore la possibilité de quelque moisson précieuse. En d'autres termes, s'il m'est permis de rendre familièrement ma pensée en terminant, une porte reste ouverte à l'espérance et la science n'a pas encore dit son dernier mot.

Puisse-t-elle bientôt le faire entendre! Il sera possible alors d'écrire beaucoup plus complètement et, à coup sûr, beaucoup moins imparfaitement que je n'ai pu le faire aujourd'hui, la monographie du port de Délos.

ALPHONSE ROERSCH.

(1) Un dernier exemple. Les inscriptions nous donnent pour 283, le cours des céréales, froment et orge, mois par mois, presque pendant l'année entière. En outre, elles indiquent avec exactitude la ration que recevaient chaque jour les ouvriers et la dépense nécessaire à la nourriture d'un homme par jour, par mois, par année. Voir : Homolle, *Archives des Missions*, 3e série, tome XIII, 1887, pp. 434-435.

X

LE PORT DE ROTTERDAM

Des ports de l'Europe septentrionale, Rotterdam est le plus jeune. Brême et Hambourg, dont la grande expansion date de vingt-cinq ou trente ans, ont derrière eux le passé de la Ligue Hanséatique. Anvers et Londres ont été, l'un au XVIe siècle, l'autre depuis le XVIIe, les centres principaux du commerce international. L'essor de Rotterdam ne remonte qu'à une quinzaine d'années environ. Jusqu'en 1890 Amsterdam était le centre du commerce colonial; la Westphalie et la Prusse rhénane ne possédaient que quelques mines et quelques houillères peu actives; jusqu'alors aussi le trafic de la cité du Rhin n'avait donc qu'une importance purement locale. D'ailleurs, pendant longtemps l'insuffisance de ses communications maritimes a arrêté tout essor.

Comme Liverpool doit probablement son nom aux marais des environs de Chester, une petite rivière, la Rotte, formée, dit-on, par les inondations de la Meuse, aurait donné son nom à Rotterdam. Il est impossible de savoir au juste à quelle époque la ville reçut ce nom. Il ne paraît dans aucun document officiel avant 1298. Dans cette même année, Jean Ier, comte de Hollande, accorda « à ses bonnes gens de Rotterdam établis dans sa Seigneurie exemption de péage dans tout le comté ». C'est trois cents ans plus tard que le bourg devient grande ville avec droit de siéger dans les États de Hollande après Dordrecht, Harlem, Delft, Leyde, Amsterdam et Gouda. Aujourd'hui, après trois

nouveaux siècles, Rotterdam est la deuxième ville du royaume et un des premiers ports de l'Europe occidentale.

Les chiffres et les tableaux suivants montrent les progrès rapides de Rotterdam.

	Navires de mer entrés	Tonnage	Part de Rotterdam dans le mouvement total des Pays-Bas
	—	—	—
1850	1940	346 000	35 p. c. du tonnage total
1860	2449	673 000	42 p. c. »
1870	2973	1 000 000	50 p. c. »
1880	3456	1 680 000	49 p. c. »
1890	4535	2 918 000	53 p. c. »
1900	7268	6 326 000	67 p. c. »
1906	9160	9 387 000	72 p. c. »

En 1906, Hambourg a reçu 15 778 navires représentant 11 000 000 de tonnes.

En 1906, Anvers a reçu 6495 navires représentant 10 865 000 tonnes (1).

Le tonnage moyen à l'entrée est, en tonnes, à

	Hambourg	Rotterdam	Anvers
	—	—	—
1896	615	838	1182
1900	613	906	1276
1905	686	1024	1631

En 1888, le total du trafic rhénan passant la frontière des Pays-Bas (entrées et sorties) s'élevait à 4 600 000 tonnes, contre 16 000 000 en 1905. Rotterdam a aujourd'hui une part de 94 p. c. dans la navigation rhénane.

En 1905, 132 230 bateaux de rivière sont entrés à Rotterdam.

Les revenus provenant de la perception des droits

(1) Les chiffres du tonnage d'Anvers doivent être réduits de 18 p. c. d'après le consul d'Angleterre à Anvers et de 10 p. c. d'après la Chambre de commerce de Rotterdam, à cause du système spécial suivi en Belgique pour déduire le tonnage net d'un navire de son tonnage brut

de port qui étaient de 1 080 000 florins en 1896 passent à 1 885 000 florins en 1905.

La population de Rotterdam était, en 1830, de 72 000 habitants, en 1890 de 200 000, en 1900 de 320 000 et en 1905 de 380 000.

D'après la Chambre de commerce de Rotterdam, les principaux ports de l'Europe se rangeaient dans l'ordre suivant en 1905 :

	Tonnes	
Londres	17 000 000	cabotage compris
Liverpool	11 000 000	
Hambourg	10 000 000	
Anvers	9 800 000	
Rotterdam	8 300 000	
Marseille	7 800 000	
Gênes	6 500 000	
Brême	3 300 000	
Le Havre	2 800 000	
Amsterdam	2 000 000	
Dunkerque	2 000 000	

Voie maritime

Rotterdam était autrefois relié à la mer par la Maas, c'est-à-dire par le bras (1) du Rhin qui, à partir de Dordrecht, forme le prolongement de la Merwede (2). La Nouvelle-Meuse qui traverse Rotterdam rejoignait ce bras près de Vlaardingen.

Depuis la moitié du XVIe siècle, à cause de l'endiguement de l'île de Rozenburg, le port devint à peu près inaccessible aux navires. A cette époque, la Maas

(1) Ce bras s'appelle actuellement « Oude Maas », par opposition à la « Nieuwe Maas » qui arrose Rotterdam.

(2) A son entrée en Hollande, le Rhin, en se divisant, perd à la fois son unité et son nom. Le bras droit (un tiers des eaux) s'appelle successivement Rhin inférieur, Lek, Nouvelle-Meuse et se verse dans la mer du Nord près du Hoek van Holland. Le bras gauche (deux tiers des eaux) est le Waal; rejoint par la Meuse à Woudrichem, il porte le nom de Merwede jusqu'à Dordrecht, où il se divise en plusieurs bouches.

fut divisée en deux parties : le bras septentrional reçut le nom de Maasluis Diep ou Scheur; le bras méridional, qui passe à la Brielle, celui de Maas ou de Brielsche Maas.

Au XVIIe siècle, le Scheur s'ensabla tellement que La Brielle, Hellevoetsluis et Brouwershaven devinrent les trois ports commandant l'entrée de Rotterdam.

De La Brielle, les navires entraient dans le Botlek, reliant la Brielsche Maas à la Nouvelle-Meuse, passaient devant Vlaardingen et Schiedam avant d'atteindre Rotterdam.

D'Hellevoetsluis les voiliers gagnaient l'Hollandsch Diep et Dordrecht, puis par la Oude Maas et le Botlek retrouvaient la Nouvelle-Meuse. Cette voie ne présentait 5 mètres de profondeur que jusqu'à Dordrecht. Les navires qui passaient par le bras de Brouwershaven s'engageaient dans le Volkerak, puis leur route se confondait avec la précédente.

Il fallait aux navires au moins dix-huit heures pour atteindre Rotterdam par Hellevoetsluis et Brouwershaven, les deux routes préférées, et souvent cinq, et huit jours même, en cas de mauvais temps.

En 1827, l'on résolut de creuser le canal de Voorne à travers l'île de ce nom; il réunissait le bras d'Hellevoetsluis à la Nouvelle-Meuse, et ainsi des navires de 5 mètres de tirant d'eau purent atteindre Rotterdam sans difficulté. C'étaient là cependant des dimensions insuffisantes et, dès 1845, les grands navires durent s'alléger à Brouwershaven d'une partie de leur cargaison.

Une commission nommée par ordonnance royale, en 1857, adopta le plan de l'ingénieur Caland, qui proposait le percement du Hoek van Holland et la construction d'un canal de 4 kilomètres et demi réunissant la Nieuwe Maas à cette embouchure artifi-

cielle. C'était rendre à Rotterdam son ancienne voie maritime, la plus courte et la meilleure (1).

Appuyé sur sa théorie du « flux et du reflux dans les rivières à marée », l'ingénieur Caland avait supposé que cette action du flux et du reflux renforcée par le courant du fleuve suffirait pour chasser les sables et obtenir les profondeurs désirées.

En 1863, la loi qui décidait la construction du canal d'Ymuiden à Amsterdam, ordonna aussi la construction du Nieuwe Waterweg. La largeur de la rivière fut fixée à 150 mètres à Vlaardingen et à 900 mètres entre les jetées du Hoek van Holland. On comptait sur une profondeur de 7 mètres de Rotterdam à la mer, mais quand en 1877 la tranchée du Hoek fut mise en communication avec la mer, il se produisit une telle accumulation de sable que la profondeur tomba à marée basse à $3^m,50$. Ces travaux avaient coûté 15 000 000 de florins.

Sur l'avis d'une nouvelle commission nommée en 1880, le Gouvernement décida le rétrécissement du lit de la rivière et l'emploi de puissants dragueurs, de façon à obtenir une profondeur de 8 mètres à marée haute. En 1896, les travaux furent terminés : on avait dépensé 20 800 000 florins. En y ajoutant les sommes déboursées avant 1882, le Nieuwe Waterweg a coûté 36 300 000 florins.

La profondeur actuelle à marée haute est de $10^m,40$ à l'embouchure, de 9 mètres à Rotterdam et dans certaines parties de Maasluis $8^m,20$. A marée basse, la moindre profondeur est de $6^m,70$ environ (2). On travaille pour le moment à obtenir un chenal suffisamment large pour la navigation d'une profondeur continue de 9 mètres. C'est là un minimum indispensable. Comme l'a déclaré Sir William White, ancien ingénieur en

(1) Trente-quatre kilomètres seulement séparent Rotterdam de son bateau-phare.

(2) L'amplitude de la marée à Rotterdam est de $1^m,30$.

chef des constructions navales de la marine britannique, « on ne doit considérer comme ports de premier ordre que ceux qui peuvent recevoir des navires de 300 mètres de long et présentent des mouillages de 10 à 11 mètres. La profondeur, voilà ce dont nous avons un pressant besoin pour la construction et la propulsion économique des navires. Leur longueur et leur largeur ont déjà été poussées bien au delà de toute proportion avec leur tirant d'eau, au détriment de la vitesse et de la capacité utile des bâtiments modernes » (1).

Les constructeurs réclament avec insistance l'augmentation du tirant d'eau, non seulement pour obtenir une stabilité et des proportions générales meilleures, ainsi qu'une vitesse plus grande, mais aussi pour augmenter la capacité utile des navires et réduire le coût des transports en conséquence.

Installations

L'aménagement général du port de Rotterdam présente des conditions spéciales, qui résultent surtout de la nature de son trafic de transbordement. De là, nécessité d'une surface de bassins très étendue, à laquelle s'ajoute d'ailleurs la surface du fleuve qui forme à lui seul un grand port devant la ville. Mais, par contre, le développement des quais d'accostage n'est pas, comme à Anvers, absolument indispensable.

Les bassins sont situés sur les deux rives du fleuve; toutefois ceux de la rive gauche seuls sont accessibles

(1) Comme exemple, Sir W. White cite le *Deutschland* : comme tous les paquebots à grande vitesse, il ne transporte que fort peu de fret — 600 tonnes de marchandises — à cause de la limitation de son tirant d'eau au départ. Si l'on augmentait son tirant d'eau d'un pied, il serait possible d'ajouter 950 tonnes à son chargement, et le fret serait même quintuplé par l'addition de deux pieds à son tirant d'eau sans que la réduction de vitesse fût bien sensible. *Rapport présenté par M. E. Corthell, au Congrès international de Navigation, à Milan, 1905.*

aux navires de mer. Tous communiquent directement et sans écluses avec le fleuve; grand avantage, car les navires évitent ainsi les manœuvres lentes et difficiles qui, à Anvers, par exemple, compliquent leur entrée dans les bassins et leur passage d'un dock dans un autre.

Sur la rive gauche de la Nouvelle-Meuse, les *bassins* les plus importants sont :

	Longueur	Largeur	Profondeur
	—	—	—
Le Binnenhaven	1000 m.		7 m.
» Spoorweghaven	1100	115 m.	7 à 7,50
» Rhynhaven	30 hectares		7 à 8
» Maashaven	60 »		8 à 8,50
» Dockhaven	320 m.	150 m.	6 à 11
Les deux Katendrechtshaven	180	105	7,50
	230	130	8

Coupés cinq fois par l'entrée des grands bassins, les *quais* de la rive gauche forment trois groupes :

1° En amont du Binnenhaven se trouvent les quais destinés aux lignes régulières de navigation rhénane;

2° Du Binnenhaven à l'entrée du Maashaven, les quais des steamers faisant un service régulier sur Londres, Hull, New-York, les Indes hollandaises. Les profondeurs y varient de $6^m,50$ à $8^m,50$;

3° En aval du Maashaven, les débarcadères des navires pétroliers.

Sur la rive droite de la Nieuwe Maas, dix-neuf petits *bassins* ont été creusés. D'une profondeur de $1^m,50$ à $3^m.50$, ils sont occupés par les bateaux du marché, les tjalks, les bateaux de pêche, les bateaux du Rhin et ceux des canaux de la Hollande méridionale.

Les *quais* de la rive droite, d'une longueur totale de 2700 mètres et coupés par six ouvertures de bassins, n'offrent que des profondeurs de 3 à 6 mètres. C'est là que mouillent les navires reliant Rotterdam aux ports anglais ou aux ports voisins du continent.

En face de la ville, entre le Boompjeskade de la rive droite et le Nassaukade de la rive gauche, la Nouvelle-Meuse est coupée par une île allongée. Le long des deux rives de cet îlot sont établis les embarcadères des lignes régulières de bateaux fluviaux pour la Hollande, celui des allèges de Mannheim et de Strasbourg, ceux des vapeurs des services de Bruxelles et d'Anvers. La profondeur n'y dépasse pas 5 mètres.

Outre les quais et les docks, la partie de la Nieuwe Maas située en aval du Willemsbrug forme en réalité comme un immense bassin. Une suite de ducs d'Albe permet d'amarrer là trente-trois ou trente-six grands navires de mer. La distance qui sépare chaque paire de bouées varie de 60 à 140 mètres.

Les Hollandais ont raison de dire que ce qu'il faut admirer dans leur port ce n'est pas la perfection de l'outillage, mais au contraire le privilège de pouvoir s'en passer. Les chalands se rangent à bâbord et à tribord dès l'arrivée d'un grand vapeur et, par de simples glissières ou des élévateurs, minerais et céréales passent de la cale du transatlantique dans celle du Rheinschiff.

La superficie des bassins à Rotterdam atteint 50 hectares sur la rive droite, 125 sur la rive gauche, soit au total 175 hectares, sans compter le fleuve.

Voie fluviale

Rotterdam, point terminus du Rhin, constitue le port naturel de tout l'hinterland formé par les provinces rhénanes, le Palatinat, le grand-duché de Bade et l'Alsace-Lorraine, régions industrielles dont il fallait lui réserver les courants commerciaux par la meilleure utilisation de la voie fluviale du Rhin.

Le régime hydrographique du Rhin présente des

conditions exceptionnellement favorables à la navigation. Pas de pentes torrentielles, comme sur le Rhône : à partir de Strasbourg et pendant plus de 600 kilomètres, le fleuve n'a plus que 114 mètres à descendre. Pas de sécheresse prolongée, comme sur la Loire : la fonte des glaciers alpestres assure le débit pendant l'été. Le Rhin supérieur atteint son maximum en juin, puis s'abaisse graduellement jusqu'en février. Mais l'Ill, le Neckar, le Main, la Moselle exercent leur action sur le régime du Rhin moyen. Alimentés par les pluies d'automne et d'hiver, ils provoquent une crue de février qui, dans la partie inférieure du fleuve, est plus abondante même que celle de l'été. Cet heureux équilibre favorise singulièrement la navigation et a fait du Rhin une des grandes voies d'échange de l'Europe occidentale.

Cependant, pour lui conserver sa valeur malgré la concurrence des chemins de fer, il a fallu accroître sa profondeur par de nombreux travaux, car la navigation régulière rencontrait de grands obstacles. L'administration établie à Coblence en 1851 résolut d'arrêter les dégradations des rives, de former le chenal, d'extraire les roches qui, de Saint-Goar à Bingen, gênaient la navigation, de refaire le chemin de halage, etc. Les ingénieurs jugèrent indispensable une profondeur minima de 2 mètres dans la section de Bingen à Saint-Goar, de $2^{m},50$ de Saint-Goar à Cologne et de 3 mètres de Cologne en Hollande. Malgré des difficultés de toute nature, les travaux du Strombau furent menés avec une activité méthodique et tenace.

En 1850, les travaux du Rhin avaient déjà coûté 16 766 000 francs. De 1851 à 1860, on dépensa 5 millions de francs ; de 1861 à 1877, 11 700 000 francs. En 1879, le gouvernement prussien demanda 27 millions 500 000 francs et dix-huit ans pour parfaire la régularisation et, sans que la somme prévue fût dépassée, « le Rhin est devenu une voie large et profonde où les

bateaux montant et descendant peuvent aisément se croiser et enfoncer à pleine charge ».

De même que l'exécution du Nieuwe Waterweg a élevé le nombre et le tonnage moyen des navires de mer entrant à Rotterdam, de même les travaux d'amélioration du Rhin ont permis d'augmenter les dimensions et la capacité des bateaux affectés au trafic de l'Allemagne. L'initiative privée s'est montrée digne des efforts persévérants du gouvernement, et industriels, commerçants, constructeurs s'empressèrent d'utiliser la nouvelle voie fluviale.

« C'est une erreur de croire, écrivait en 1879 M. Bellingrath, qu'un fleuve pauvre en eau doive être utilisé par de petits bateaux. » Les chantiers allemands livrèrent des chalands larges et longs, de fort tonnage et de peu d'enfoncement; des remorqueurs de très grande force et de faible tirant d'eau. Le bateau rhénan moderne se fait remarquer par ses grandes dimensions, sa solidité et sa simplicité.

En 1870, la plupart d'entre eux étaient encore en bois ; les plus grands portaient environ 500 à 600 tonnes. Depuis lors, leur tonnage a augmenté régulièrement et, actuellement, les grands chalands à minerai de Ruhrort transportent 2000 et 2300 tonnes. Sans doute, ces grands bateaux ne circulent que dans le Rhin inférieur — Mannheim, cependant, reçoit des navires de 1500 tonnes — mais « sous les ponts de Düsseldorf et de Cologne passent chaque jour plusieurs convois de quatre chalands remorqués portant la cargaison d'un beau vapeur de mer ». Il faut douze à quatorze trains de trente wagons pour transporter cette cargaison de 4200 tonnes qui remonte le fleuve de Ruhrort à Mannheim en soixante-cinq heures. Entre Mannheim et Strasbourg (140 kilomètres) circulent des allèges de 800 tonnes. Depuis le 24 août 1903, des essais pratiques ont démontré la possibilité d'amener la navigation jusqu'à Bâle.

A cette date, le vapeur à hélice *Justicia*, venant de Strasbourg, a jeté l'ancre devant la dernière ville suisse baignée par le Rhin. Reparti deux jours plus tard, il descendit en trois heures de Bâle à Strasbourg. Actuellement, des vapeurs spéciaux (1) remorquent à la montée 1200 à 1500 tonnes distribuées sur deux chalands ; à Mannheim, où le courant est plus fort, le dernier chaland est détaché et amarré à un second remorqueur.

Sans que Bâle soit à jamais à même de se comparer sous le rapport du trafic fluvial à Mannheim ou à Ruhrort, l'utilisation du cours du Rhin en fera l'entrepôt des marchandises destinées aux lignes de navigation d'Anvers et de Rotterdam.

Rotterdam est aussi en relations avec Anvers par le canal de l'île de Sud-Beveland. Les dimensions des écluses sont telles que les bateaux peuvent atteindre 100 mètres de long, $15^{m},50$ de large et $6^{m},20$ de tirant d'eau. Mais, sur une partie du trajet, dans le Volkerak, la profondeur tombe à $3^{m},50$ à marée basse, mouillage suffisant toutefois aux petits vapeurs qui font le service régulier entre les deux ports. La communication par eau avec Amsterdam se fait viâ Gouda par les canaux de la Hollande méridionale, ou bien par le canal de la Merwede dans lequel peuvent s'engager les grands bateaux du Rhin.

Rotterdam doit en grande partie sa prospérité à ce fait qu'il forme comme le centre d'une grande contrée accessible par eau, par de nombreux canaux et par un grand nombre de bras de mer et de petites rivières. Les habitants des îles Zélandaises, ceux du Brabant septentrional et de la Gueldre considèrent Rotterdam comme leur marché naturel. Innombrables sont les petites communes qui, au moyen de tjalks ou bateaux de marché,

(1) Ces remorqueurs, en destination de Bâle, ont 71 mètres de long et 19 de large. Malgré leur machine de 900 chevaux, ils n'ont pas plus de $1^{m},10$ de tirant d'eau.

entretiennent un service régulier avec le grand port hollandais.

La Meuse, quoique de moindre importance, alimente cependant le port de Rotterdam. Canalisée en France et en Belgique, elle porte des navires de 300 tonnes. Des canaux la relient à la Seine, au Rhin, à la Saône, de sorte qu'on peut atteindre tout le nord et le midi de la France par des navires de petites dimensions.

Rotterdam, point terminus de la vallée du Rhin et de la Meuse, est donc le port maritime naturel non seulement des provinces rhénanes, du Palatinat, du grand-duché de Bade, de l'Alsace-Lorraine, mais même d'une partie de la France septentrionale et de la Belgique à défaut d'Anvers.

Concurrence de la voie ferrée

En vue de faciliter l'exportation des produits nationaux, et de soutenir le commerce des ports de mer allemands, l'administration des chemins de fer prussiens a établi les *Seeausnahmetarife*. Depuis 1886, ils attirent et font dévier vers Brême et Hambourg une part notable de l'exportation et de l'importation westphaliennes que la géographie destinerait à Rotterdam (1). Grâce à ces tarifs, c'est toujours Brême qui expédie en Westphalie le coton, le pétrole, le riz ; grâce à ces tarifs, les fers d'Essen ou de Bochum peuvent atteindre Emden ou l'embouchure de l'Elbe.

Mais si ces tarifs réduits ouvrent à Brême et à Hambourg le marché westphalien malgré la concurrence de la voie fluviale, les *Anschlusstarife* ou tarifs de jonction ferment en quelque sorte ce marché aux ports

(1) La distance de Barmen à Rotterdam est de 245 kilomètres.
» » à Brême » 270 »
» » à Hambourg » 411 »

rhénans et ainsi à Rotterdam. Sauf les marchandises destinées aux riverains, les cargaisons transportées par eau doivent nécessairement franchir en wagon un trajet complémentaire plus ou moins long. Par les tarifs qui s'ajoutent au fret fluvial du lieu de provenance jusqu'au port rhénan (Vorfracht), ou par celui qui représente le trajet du port de débarquement jusqu'au lieu de destination (Nachfracht), les chemins de fer rendent la lutte très difficile à la batellerie fluviale. Toutefois, sur le haut Rhin, comme le terminus de la grande navigation fluviale, Mannheim, marque l'origine du réseau badois, les chemins de fer prussiens, par des tarifs de transbordement, cherchent à ravir à leurs concurrents le trafic que leur amènent les grands chalands de Rotterdam.

Tout en ne s'appliquant qu'aux marchandises du Levant et de l'Afrique orientale, les tarifs directs détournent cependant vers Hambourg et Brême une partie du transit allemand qui reviendrait à Rotterdam. L'administration des chemins de fer a conclu, en effet, en 1890 et en 1905, avec trois compagnies maritimes allemandes et les chemins de fer orientaux et africains, des conventions spéciales qui unifient et réduisent notablement les barêmes et permettent d'esquiver une série de formalités puisque la marchandise acquitte à la station même de départ à l'intérieur de l'Allemagne le fret total jusqu'à Smyrne, Koniah ou Tanga. La mise à disposition se fait directement par le chemin de fer à l'armement sans l'intervention d'un tiers.

Commerce de Rotterdam — 1. *Importations*

L'importance de Rotterdam comme place d'importation dépend de ce qu'on pourrait appeler sa force d'absorption du côté de la mer et sa force de distribution

du côté de la terre. Cette capacité de réception est en raison directe des dimensions et du nombre des cargo-boats qui remonteront le Nieuwe Waterweg. Les vapeurs seront d'autant plus grands — et les grands navires sont les plus économiques — que les profondeurs du chenal et des bassins répondront mieux aux nouvelles exigences. Si actuellement ces profondeurs sont suffisantes, elles n'atteignent toutefois que le tirant d'eau des grands steamers sans le dépasser. Vu les progrès continuels et si rapides des constructions maritimes, le Nieuwe Waterweg devrait être approfondi, d'autant plus que Rotterdam ne peut comme certains ports de l'Afrique occidentale se contenter de profondeurs médiocres. La nature de ses importations, le voisinage de rivaux bien outillés, ses relations avec des ports étrangers de grande profondeur desservis par des cargo-boats de fort tirant d'eau obligent Rotterdam à donner à sa voie maritime les dimensions dont s'enorgueillissent Liverpool, New-York et Southampton.

Les navires seront aussi d'autant plus nombreux que les frais de port seront plus bas et le fret de retour plus assuré. Rotterdam n'est pas un port cher, mais le fret de retour est insuffisant. Comme Anvers et les ports charbonniers de l'Angleterre sont tout proches, ce grave défaut est moins sensible qu'il ne l'est dans des ports isolés, dont le trafic d'exportation repose exclusivement sur l'importance toute temporaire des récoltes, tels Alexandrie, Sydney, Rosario.

La force de distribution du côté de la terre dépend premièrement de la rapidité et du bon marché des opérations de déchargement. Nous avons vu que Rotterdam par son outillage cherchait à procurer au trafic rhénan toutes les commodités. A côté des anciens bassins étroits, allongés entre des entrepôts et des gares de chemins de fer (Binnenhaven, Spoorweghaven) les nouveaux, Rhynhaven et Maashaven, larges, étendus, spacieux,

présentent aux navires de mer leurs rangées de ducs d'Albe et leurs doubles files de chalands. Que l'on songe seulement à ce que représente une cargaison de 8000 tonnes. Un vapeur dont la capacité n'est que de 8000 tonnes ne peut plus être rangé parmi les grands navires. A raison de 8 tonnes par wagon, il faudrait mille wagons et à raison de vingt wagons par train, il ne faudrait pas moins de cinquante trains pour assurer le transport de cette cargaison. Une demi-douzaine de ces navires peuvent être simultanément déchargés. Si nous comptons pour chaque wagon une longueur de $5^{m},50$, les mille wagons, abstraction faite des locomotives et des fourgons, auraient une longueur de plus de 5 kilomètres et demi et ce pour la cargaison d'un seul navire courant. Et quelle provision de grues, de matériel roulant, tout ce travail ne suppose-t-il pas? Le port qui peut diminuer cette manipulation énorme par un emploi d'alléges de grande capacité, est certainement très favorisé (1).

La force de distribution dépend aussi de la nature, du nombre, de l'étendue des voies de communication avec l'hinterland. Comme Shangaï, comme Buenos-Ayres, Rotterdam commande un magnifique réseau de voies fluviales,et si le Rhin et ses affluents ne présentent pas le développement du Yang-tse et du Parana, Rotterdam en trouve la compensation dans l'activité industrielle, la richesse et la densité de la population de son hinterland.

Nous pouvons distinguer deux régions dans l'hinterland de Rotterdam : la partie nationale et la partie étrangère.

A destination de la première, Rotterdam importe surtout des produits alimentaires et des matières brutes. Parmi les denrées alimentaires, les principales sont les céréales, le sucre et le café.

(1) Cfr Revue Économique internationale, mars 1906.

Le trait caractéristique de l'agriculture hollandaise est la prépondérance absolue des prairies et des pâturages, et, par suite, de l'élevage du bétail et de l'industrie laitière. C'est l'effet des conditions géographiques : excès d'humidité et nature du sol. Aussi le royaume ne produit-il que 25 ou 30 p. c. du froment nécessaire à la consommation, et Rotterdam reçoit des États-Unis et de la mer Noire de grands envois de grains. Sa fonction est ici purement régionale : Rotterdam est le centre distributeur d'où rayonnent vers le nord et l'est les allèges dans lesquelles les élévateurs ont déversé la cargaison des transatlantiques.

De même pour le sucre; la plus grande partie du sucre destiné à la consommation ou au raffinage importé aux Pays-Bas passe par Rotterdam.

Pour le café, au contraire, Rotterdam, comme Le Havre et Hambourg, voit sa fonction commerciale grandir chaque année. Les importations atteignent, bon an mal an, 100 000 tonnes environ et dans le tableau des exportations nous voyons figurer 80 000 tonnes de café. Il ne s'agit pas là d'un simple transbordement en destination de l'Allemagne qui, pour cet article d'ailleurs, grâce aux tarifs des chemins de fer, dépend du marché de Hambourg. Ces cargaisons de café sont destinées aux négociants de la place : Rotterdam est pour cet article un des plus grands marchés de l'Europe.

Peuple d'ingénieurs hydrauliciens et d'agronomes, d'armateurs et de marchands, de marins et de colonisateurs, la Hollande ne connaît ni les régions, ni les grands centres industriels comme le Lancashire, le Ruhrgebiet ou notre pays de Charleroi. La nature a refusé aux Pays-Bas les matières premières indispensables à toute industrie; le bois est rare, le charbon vient à peine d'être découvert. Le sol ne contient ni fer, ni cuivre, ni zinc, ni autres métaux. Libre

échangiste, la Hollande soutient en outre une lutte inégale contre la plupart des autres pays devenus résolument protectionnistes. Aussi le capital hollandais se dirige-t-il plutôt vers le commerce que vers les entreprises industrielles.

Au point de vue de l'origine des matières premières, nous pouvons classer les industries hollandaises en deux catégories : celles qui travaillent les produits des colonies et celles qui transforment les produits étrangers. Parmi les premières il nous faut ranger la préparation du sulfate de quinine, les chocolateries, les manufactures de tabac, par exemple. La taille du diamant, les distilleries, les huileries, la fabrication de la margarine, les usines à décortiquer le riz forment la seconde catégorie.

Sans doute la production indigène fournit en partie aux distilleries, aux brasseries, aux sucreries, les matières premières nécessaires, mais la quote-part de l'étranger dépasse de loin celle du pays. Seules, pour ainsi dire, la fabrication du beurre et du fromage et l'industrie linière peuvent se passer de l'étranger.

Si nous considérons les industries de la première catégorie, la fonction régionale de Rotterdam est d'assez maigre importance, non que cette branche de l'activité nationale traverse une crise dangereuse, mais parce qu'Amsterdam est resté le grand port colonial.

Parmi les industries du second groupe, la fabrication de l'huile de lin et de colza est peut-être la plus ancienne. Depuis des centaines d'années, cette fabrication a son siège dans les deux provinces de Hollande. On voit même dans ces régions des moulins à huile datant du XVIIe siècle. Presque toutes les graines oléagineuses viennent de l'étranger; le sol hollandais ne fournit guère plus de 2 à 3 p. c. des matières travaillées.

Rotterdam est le principal marché de l'Europe pour

la margarine. Grâce aux fréquentes communications avec les États-Unis, ce commerce s'est concentré depuis trente-cinq ans dans le port hollandais qui est devenu le siége d'une très importante fabrication de beurre artificiel. De là, les importations d'huile ou de graines de coton, de saindoux, d'huile de coco, d'huile de sésame, d'huile d'arachide. La fonction de Rotterdam est donc à la fois régionale et industrielle, comme pour les usines à décortiquer le riz. Cette dernière industrie, établie surtout à Rotterdam et à Dordrecht, a pris un grand essor depuis l'ouverture du canal de Suez.

Dans la taille du diamant, le rôle de Rotterdam est bien éclipsé par Amsterdam; ce port est, à la fois, le siége de ce commerce et de cette industrie.

Enfin, l'industrie du coton est trop peu développée en Hollande pour permettre à Rotterdam de jouer un rôle analogue à celui de Liverpool, du Havre ou de Brême.

L'hinterland étranger de Rotterdam est la région industrielle la plus active de l'Allemagne. Par le Rhin, Rotterdam dessert en Westphalie la région houillère et métallurgique de la Ruhr, Dortmund, Essen, Bochum, Duisbourg, Düsseldorf; la région de la Wüpper avec les villes du coton Barmen, Elberfeld et les villes du fer Remscheid, Solingen, Iserlohn; la zone de Crefeld, München-Gladbach, Neuss qui centralise les industries de la soie et du velours. Dans la Prusse rhénane, Rotterdam est relié aux grandes villes et aux nouveaux centres industriels de Cologne, Deutz, Mülheim; dans l'Allemagne du Sud, à Mayence, à Francfort, à Mannheim, à Ludwigshafen; à Francfort, une des premières cités commerciales de l'Empire, la grande place de banque et de bourse dont le nouveau port accapare les expéditions vers la Hesse, la Saxe et l'Autriche; à Mannheim, qui au confluent du Neckar joue vis-à-vis

de Rotterdam un rôle analogue à celui de Hankow vis-à-vis de Shanghaï; à Ludwigshafen, le port rival de Mannheim, devenu un des ports industriels les plus importants et le plus grand centre de fabrication de couleurs minérales et de produits chimiques.

L'importance des relations de Rotterdam avec son hinterland étranger ressort du tableau suivant :

Exportations de Rotterdam	1903	1904	1905 (1)
—	—	—	—
Par mer	2 900 000	2 450 000	2 890 000 tonnes.
» voie fluviale	7 400 000	8 950 000	9 670 000 »
» terre	9 000	10 800	9 780 »

Les marchandises qui alimentent ce trafic sont les minerais, les céréales, les bois et les pétroles. Toutefois la cale d'un chaland du Rhin est loin de présenter l'uniformité de cargaison des péniches des canaux français. Les grands *Schleppkähne* transportent de Rotterdam à Düsseldorf et à Mannheim non seulement les *Massengüter*, mais aussi les *Stückgüter*, barils de cannelle, seaux de saindoux, sacs de raisins, ballots de tapis, caisses de papier, de savon, saumons d'étain, etc.

Le transit des minerais par Rotterdam, qui en 1890 comportait déjà un mouvement de plus de 1 million de tonnes, s'est accru sans cesse et a nécessité en 1905 le débarquement de près de 5 millions de tonnes, représentant la charge d'environ 500 000 wagons.

Rotterdam occupe le premier rang parmi les ports de l'Europe pour les importations de minerais de fer. Riche en charbon, mais pauvre en minerais et surtout en minerais de bonne qualité, car ceux du Siegerland sont peu appréciés, l'Allemagne demande à l'Espagne et à la Suède le rubio et le campanil de Bilbao, le fer

(1) En 1905, 72 000 bateaux ont passé Lobith portant environ 14 000 000 de tonnes de marchandises. Dans ce transit colossal, Rotterdam retient pour sa part 94 p. c. ; le reste va à Nimègue, Dordrecht, Amsterdam.

magnétique de Gellivara et de Kirunavara. L'importation totale des minerais de fer en Allemagne a été de

3 900 000 tonnes en 1902;
5 200 000 » en 1903;
6 080 000 » en 1905.

La part de Rotterdam a été respectivement de

2 800 000 tonnes en 1902;
3 700 000 » en 1903;
4 300 000 » en 1905.

Tandis qu'au milieu du XIXe siècle l'importation des grains étrangers par Rotterdam était peu importante, depuis 1870 au contraire, elle représente un mouvement considérable. Le grand accroissement de la population en Allemagne, passant en trente ans de 43 à 60 millions d'habitants, le développement prodigieux et rapide de la vie industrielle, surtout dans la région voisine de la Hollande, forcent l'Empire à acheter chaque année de grandes quantités de céréales à la Russie, aux États-Unis, à la Roumanie, etc. Une partie de ces grains ne fait que passer par Rotterdam sans qu'il y soit réellement question de commerce proprement dit. Une autre partie assez importante est véritablement négociée, soit qu'on l'envoie en consignation, soit que les maisons de commerce de la place achètent et revendent le grain pour leur propre compte.

	Rotterdam a importé				et exporté		
	1903	1904	1905		1903	1904	1905
	—	—	—		—	—	—
Blé	1 750 000	1 850 000	2 180 000	tonnes	1 500 000	1 600 000	1 900 000 t.
Orge	500 000	575 000	610 000	»	360 000	375 000	440 000 »
Maïs	632 000	530 000	610 000	»	288 000	248 000	330 000 »
Avoine	350 000	320 000	870 000	»	338 000	300 000	587 000 »

Tout ce mouvement de réexportation est dirigé presque exclusivement vers les ports du Rhin ; vers Duisbourg et Mannheim.

De 1890 à 1902, l'importation des bois a quintuplé. Elle atteint actuellement 2 200 000 tonnes. Rotterdam exporte au moins la moitié de ces arrivages et c'est encore vers l'Allemagne que se dirige presque exclusivement cette expédition.

Il en est de même du pétrole. Rotterdam en reçoit plus de 500 000 tonnes et par la voie du Rhin en expédie plus de 300 000 en Allemagne.

Aux 5 millions de tonnes de minerais, aux 3 millions 500 000 tonnes de grains, de bois, de pétrole, il faut ajouter environ 100 000 tonnes de nitrate, 150 000 tonnes d'huiles et de graines oléagineuses, du coton américain, des laines australiennes, des fontes anglaises, du tabac, de la margarine, des peaux, etc., etc.

Les chiffres suivants permettent d'établir une comparaison entre Rotterdam et Anvers en ce qui concerne le mouvement des importations de marchandises :

	Rotterdam	Anvers
1896	7 500 000 tonnes	5 800 000 tonnes
1900	10 500 000 »	7 000 000 »
1902	10 000 000 »	8 500 000 »
1904	12 000 000 »	11 000 000 »

Il faudrait y ajouter la valeur des importations, mais les statistiques hollandaises ne publient pas ces chiffres. Toutefois, vu la nature des importations d'Anvers, où il entre beaucoup plus de caoutchouc, de coton, de laines, par exemple, qu'à Rotterdam, on peut affirmer que la valeur de la tonne de marchandises à Anvers est supérieure à celle de Rotterdam.

En somme, n'est-ce pas en grande partie à la nature des marchandises et à la composition des cargaisons que la navigation rhénane doit de vivre et de pros-

pérer ? L'exemple des États-Unis le prouve. Chez eux non seulement les canaux, mais les rivières navigables ont été incapables de concourir avec les chemins de fer pour le transport des marchandises, sauf le charbon et les minerais, et seuls les grands lacs ont pu conserver et développer ce trafic. Pourquoi ? Près de l'extrémité orientale de ces lacs s'étend le grand bassin houiller des États-Unis, et de ce côté aussi se trouvent les usines et les grands ports en communication régulière avec l'Europe ; autour de leur extrémité occidentale s'étendent les plus riches dépôts de minerais de fer du continent, les mines de cuivre les plus productives du monde, la région des plaines et des forêts, grande productrice de grains et de bois de charpente.

Il en est de même pour Rotterdam et le bas Rhin ; à l'est, l'Allemagne des usines et des houillères, sans minerais, sans pain, sans nourriture suffisante ; à l'ouest, la mer avec les grands cargo-boats chargés de grains, de minerais, de nitrate, de bois, etc.

II. *Exportations*

Rotterdam sera d'autant plus important comme place d'exportation que son hinterland sera mieux desservi par des *voies de communication* nombreuses, étendues et variées. Ces voies sont d'autant plus nécessaires que l'abaissement du coût de transport constitue en fin de compte le seul moyen de diminuer les frais de production. Il faut que fleuves, canaux, chemins de fer et leurs raccordements traversent l'arrière-pays en tous sens et que le réseau de leurs ramifications et de leurs embranchements relie tous les centres producteurs au port de sortie.

New-York n'a-t-il pas dû longtemps sa prépondérance dans l'exportation des grains à son réseau de

voies de communication? Grâce au canal de l'Érié, le maïs et le froment de l'Illinois, de l'Indiana étaient dirigés sur le port de l'Hudson. Mais pendant les vingt dernières années, l'exportation du maïs par New-York n'a augmenté que de 50 000 000 de bushels, tandis que le groupe Boston, Philadelphie, Baltimore, New-Orléans a vu ses exportations croître de 605 000 000 de boisseaux. Le motif? La politique des compagnies de chemins de fer qui, après une longue guerre de tarifs, se sont entendues, en 1882, pour établir un fret uniforme depuis le centre producteur de l'ouest américain jusqu'en Europe quel que soit le port d'embarquement. Mais, comme à New-York les frets maritimes sont toujours plus bas que dans les ports voisins, les compagnies ont, pour compenser cette réduction, élevé le prix du transport sur rails. Ainsi 100 kilogrammes de blé payaient encore, en 1903, 3 ou 4 cents de plus de Chicago à New-York que de Chicago à Philadelphie ou à Baltimore. Si le canal de l'Érié était encore à même de lutter contre les compagnies de chemins de fer, ce tarif handicap n'aurait pas ralenti dans les mêmes proportions le mouvement d'exportation du port de New-York.

Rotterdam, malgré la concurrence acharnée des chemins de fer rappelée plus haut, est certes de tous les ports de l'Europe un des plus favorisés dans les communications avec son hinterland. Du grand-duché de Bade, du Wurtemberg et de la Franconie, les allèges viâ Mannheim et Mayence atteindront Rotterdam en acceptant même un fret inférieur à celui d'Anvers, vu la certitude du fret de retour. De Strasbourg au Nieuwe Waterweg s'ouvre un magnifique chenal de 700 kilomètres, le long duquel sont échelonnés environ soixante-dix ports. A nous en tenir aux dix ports rhénans prussiens et aux dix années de 1894 à 1903, le total de leur tonnage passe de 9 864 000 tonnes

à 18 992 000, soit une augmentation de 92 p. c. En étendue, les bassins de Duisbourg-Ruhrort (113 hectares) contiendraient près de deux fois ceux d'Anvers (64 hectares). Les surfaces d'eau de Mannheim-Ludwigshafen (280 hectares) dépassent de loin celles de Rotterdam et couvrent près de deux fois celles de Marseille (150 hectares). Par la nature des marchandises, leur outillage, leurs grues, leurs voies ferrées, leurs hangars et leurs larges entrepôts, les ports rhénans sont de vrais ports de mer.

Si le fret fluvial ou le coût de transport par chemin de fer peut reculer ou rapprocher les limites de l'hinterland, les *frais de mise en cale* viennent ajouter leur influence à celle du premier facteur dans la détermination de ces limites.

Dans un port bien outillé, les opérations de chargement s'effectueront facilement et à bon compte, ou du moins leur rapidité compensera par la diminution des frais de séjour les prix élevés d'une main-d'œuvre habile et exigeante. Nos navires à fort tonnage représentent un capital considérable, aussi la condition de rapidité est-elle pour eux une condition primordiale; seuls, le nombre et la fréquence des voyages peuvent compenser l'abaissement du taux des frets. Forcer un grand navire à rester inactif au milieu du port parce que tous les emplacements pour le chargement sont pris, c'est causer à l'armateur des pertes qui exerceront sur le port une influence déplorable. Chaque heure de retard est un dommage : perte d'intérêts, de salaires, d'approvisionnements, dépense inutile de charbon sans la moindre compensation. « It is dispatch more than anything else that we want, owing to the increasing value of the ships we employ », déclara sir Edwyn Dawes, directeur de la British India, à la commission d'enquête du port de Londres.

Ainsi Tchifou, de par sa position géographique à

l'entrée du golfe du Petchili, est à même de commander un grand commerce d'exportation. Mais les expéditions de soie sauvage et de paille tressée de la Chine septentrionale qu'il monopolisait ont été détournées depuis quelques années vers Tsintau, le nouveau port allemand de la baie de Kiaochéo. C'est que Tchifou, à cause de l'incurie de l'administration chinoise, est dans un état lamentable. Exposé aux bourrasques du vent du nord, il n'offre aux navires ni abri, ni môles, ni quais d'accostage. Durant la mauvaise saison, les opérations de chargement sont interrompues deux jours sur trois. A Tsintau, au contraire, la baie est spacieuse, et protégée par un immense brise-lames et une chaîne de montagnes qui l'entoure en demi-cercle. Par une profondeur de 10 mètres à marée basse, les navires accostent à deux môles de 700 mètres de long et 100 mètres de large, sur lesquels les grues et les wagons enlèvent et transportent les marchandises.

Rotterdam a sur Anvers l'immense avantage de bassins ouverts, permettant aux vapeurs de quitter le port à toute heure du jour et de la nuit. A Anvers, que de temps perdu à cause de l'insuffisance des écluses! Si, comme à Bremerhaven ou à Liverpool, chacun des docks ou chaque groupe de docks communiquait avec le fleuve, le retard se réduirait à peu de chose, mais la disposition des bassins est telle que les navires, à cause des multiples, lentes et périlleuses évolutions dans des bassins tous fort étroits et toujours encombrés, subissent au départ comme à l'arrivée des pertes de temps considérables.

Rotterdam jouit aussi chez les armateurs d'une meilleure réputation qu'Anvers dans la question des frais de port, mais Anvers reprend l'avantage dans l'outillage. Si pour le déchargement de cargaisons uniformes, l'ancrage aux ducs d'Albe et le déversement des grains, des minerais ou du charbon dans les écou-

tilles béantes des allèges sont la voie la plus expéditive et la moins chère, pour le chargement au contraire l'accostage à quai est supérieur à cause de la proximité des hangars et des voies ferrées. Sauf les exceptions comme Cardiff, Bilbao et Odessa, par exemple, la cargaison d'un navire dans nos grands ports européens comprend des marchandises de nature et de destination très variées. De là, la nécessité du triage qui se fait facilement à quai sous les hangars, mais qui n'est guère possible sur le pont du navire quand les mâts de charge puisent dans les cales des chalands amarrés à bâbord et à tribord. Rotterdam ne peut, comme Anvers, offrir 5,5 kilomètres de quais parfaitement outillés et directement accostables aux vapeurs de fort tirant d'eau : ou bien l'outillage fait défaut, ou bien les profondeurs sont insuffisantes.

Au fret fluvial, aux frais de mise en cale s'ajoute enfin le *fret maritime*. Soumis à toutes les fluctuations de la loi de l'offre et de la demande, exposé aux brusques élévations des syndicats, il enlève toute fixité aux frontières qui d'après la géographie délimiteraient l'hinterland d'un port de sortie. Pendant la lutte engagée entre les Compagnies de navigation qui relient Anvers aux ports du Levant, n'a-t-on pas vu des marchandises de Lille gagner Anvers par l'Escaut et les canaux pour profiter des frets avantageux que Dunkerque ne pouvait leur offrir ? La lutte acharnée que se sont livrée à Anvers la Peninsular and Oriental et la Hansa pour le service des Indes, a amené les mêmes détournements de trafic. En général, plus les lignes qui desservent un port sont nombreuses, plus les frets ont chance de baisser, et ce qui attire les navires et les Compagnies dans un port c'est la marchandise. Autrefois cette assurance du fret de retour était beaucoup moins importante : les prix de transport étaient plus rémunérateurs, les frais de voyage et de séjour beau-

coup moindres. Avant le percement de l'isthme de Suez, par exemple, un voyage de Batavia à Rotterdam durait facilement quatre mois; souvent les bénéfices étaient si gros qu'après deux ou trois voyages les frais de construction du navire étaient couverts. Il était donc alors indifférent que le voilier ou le vapeur dût attendre longtemps dans un port avant d'y trouver un fret de retour, ou fût obligé d'aller sur lest chercher ailleurs une cargaison.

Wagons et flottilles doivent donc rabattre sur les quais un fret de retour abondant et varié : fret abondant, vu les dimensions des vapeurs actuels, fret varié, car c'est là une condition capitale pour la prospérité d'un port. Pour réaliser, en effet, une cargaison avantageuse, l'armateur doit la composer de marchandises de poids cubant un faible volume et de marchandises légères mais encombrantes. C'est ainsi que dans un navire de 4000 tonnes, il pourra transporter 6000 tonnes de fret dont 3000 de lourd, cubant 1000 mètres et 3000 de léger. Les frais de voyage, répartis sur 6000 tonnes au lieu de l'être sur 4000, s'abaissent de 33 p. c.

Mais à son tour, le nombre et la variété des lignes de navigation attirent la marchandise. Que de fois ne voit-on pas à Anvers des navires anglais ou allemands embarquer pour l'Extrême-Orient, les États-Unis, l'Australie, l'Amérique du Sud, des articles et des produits français ! Anvers ayant des départs fréquents pour tous les points importants du globe, les industriels et les commerçants français adressent, par wagon complet, la totalité de leurs envois à leurs correspondants en cette ville, et ceux-ci, après triage, opèrent les chargements pour les différentes destinations. De là, économie de temps; de là aussi des frais moindres que si l'on devait diriger ces colis sur Marseille pour l'Extrême-Orient, sur le Havre

pour les États-Unis, sur Saint-Nazaire pour le Mexique et sur Bordeaux pour l'Amérique du Sud.

Il y a quelques années encore, Rotterdam ne présentait que fort peu de fret à la sortie. La situation s'est améliorée depuis, quoique Anvers sous ce rapport dépasse le port hollandais. Mais si le mouvement des exportations est devenu plus important, Rotterdam le doit non à l'activité de son hinterland national, mais à l'essor merveilleux des industries de son hinterland rhénan-westphalien. Que lui fournit l'agriculture ou l'industrie hollandaises? Si nous consultons les statistiques, nous voyons figurer parmi les exportations de Rotterdam des pommes de terre, des fruits, des légumes frais; des fromages, du beurre, de la margarine, du sucre, des spiritueux, des harengs, de la tourbe. La nature et la quantité de ces marchandises sont telles que les navires ne peuvent trouver à Rotterdam un vrai chargement de retour. Les marchandises lourdes, les fers, les fontes, les tôles, les rails, le ciment etc., indispensables à la bonne économie des cargaisons, l'hinterland national de Rotterdam ne peut les fournir. Mais à l'est des prairies et des villes paisibles de la Hollande, s'élèvent et se pressent les cheminées et les centres industriels de la Westphalie. Si la Loire et le Danube procurent à Nantes et à Sulina une situation géographique fort enviable, cependant ni les conditions de navigabilité des cours d'eau, ni la richesse des pays traversés, ni l'activité industrielle des populations ne donnent à ces deux artères la vie, la valeur et l'importance de la vallée du Rhin. De Bâle à Düsseldorf et Ruhrort, sans s'éloigner beaucoup des rives du fleuve, le voyageur rencontre des hauts-fourneaux, des aciéries, des ateliers de construction, des filatures, des fabriques de ciment, des houillères, des fabriques de céramique et de porcelaine, les plus grandes fabriques de couleurs minérales, etc. Jusqu'à présent cependant,

Anvers plus que Rotterdam est le port de sortie des produits de la vallée du Rhin. Appuyé sur la Belgique industrielle, sur la France du Nord, Anvers a toujours possédé un commerce d'exportation qui n'était pas entièrement dépendant de la prospérité du trafic rhénan. Grand port de commerce plusieurs années avant Rotterdam, Anvers a depuis longtemps la clientèle des lignes de navigation. Aucun port du monde, sauf Hambourg, n'est comme Anvers relié par des services directs et réguliers à tous les pays du globe. Or, avons-nous vu, les Compagnies de navigation nombreuses et régulières attirent la marchandise. Arrivé tard, Rotterdam pour se développer doit détourner le courant commercial qui favorise Anvers. En outre, une partie de l'Allemagne emploie déjà Emden de préférence à Rotterdam (1).

Les chiffres suivants reflètent clairement la situation de Rotterdam.

Les marchandises déclarées à la douane comme étant

(1) Le gouvernement allemand a dépensé 80 millions de marks pour le canal de Dortmund à l'Ems et environ 10 millions pour l'amélioration d'Emden. De 1891 à 1899 fut achevé le nouveau port intérieur dans lequel débouche le canal. La superficie du port est d'environ 25 hectares. Les navires de 6 mètres de tirant d'eau y trouvent d'excellents mouillages pour le transbordement direct en bateau de canal et un développement suffisant de quais pour le transbordement sur wagons au moyen de grues électriques d'une force allant jusqu'à 10 tonnes. Les dimensions croissantes des navires exigèrent l'achèvement du port intérieur (1899-1901). Il présente jusqu'à la naissance des môles d'entrée une superficie de 17 hectares et demi et offre des emplacements pour dix à quatorze grands navires. Sa profondeur est de $11^{m},50$. Rien ne manque à son outillage : grues électriques de la force de 40 tonnes, déchargeurs et culbuteurs pour le déchargement direct du charbon dans les navires de mer, ponts-transbordeurs pour le chargement et le déchargement des minerais, 12 000 mètres carrés de hangars etc. Pour la facilité du trafic, tout le port extérieur a été déclaré district franc.

Bien que le port extérieur n'ait été ouvert qu'en 1901 seulement, le trafic s'y est développé de telle sorte que l'on doit songer à de nouveaux agrandissements. On s'est décidé pour la création de docks séparés de l'Ems par une écluse maritime.

venues de Rotterdam à la frontière allemande par la voie du Rhin et qui ont été exportées par la même voie en Allemagne, représentaient :

en 1901	1904	1905
6 860 000 tonnes	8 950 000	9 670 000

Par contre, les marchandises exportées d'Allemagne par la voie du Rhin et déclarées à destination de Rotterdam, s'élevaient, en 1901, à 875 000 tonnes, et à 2 500 000 en 1905.

Ces marchandises comprennent surtout : charbon, 1 400 000 tonnes ; fer ouvré, 418 000 ; argile, sable, 255 000 ; pierres, 160 000 ; ciment, 60 000 ; fonte, 58 000 ; engrais, 22 000 ; verre, 14 000.

Cette insuffisance de fret de retour, Rotterdam en triomphera assez facilement car le mouvement de navigation sur le Rhin prendra un développement toujours plus grand. La commission chargée d'assurer la navigabilité du fleuve consacre chaque année des sommes considérables au dragage, à l'enlèvement des blocs de rochers qui encombrent le lit et à la réfection des rives. D'autre part, les villes situées des deux côtés du grand cours d'eau font exécuter des travaux importants en vue de profiter davantage de cette voie de transport. La ville de Düsseldorf est en train d'agrandir son port par la construction d'un nouveau bassin et par de nouvelles installations pour lesquelles on a déjà voté plus de 7 000 000 de marks. Cologne aussi construit un nouveau port, sur la rive droite, à Deutz. Cologne vient de racheter à l'État, moyennant 25 500 000 marks, les anciennes fortifications qui empêchent son extension. Les remparts démolis, on compte ériger à leur place des constructions destinées à augmenter le trafic fluvial. Les compagnies

houillères de leur côté font construire pour leur usage des ports particuliers. Ainsi la Compagnie Deutscher Kaiser possède près de Schwelgern un port de débarquement et d'embarquement qu'elle agrandit par de nouvelles constructions à Alsum. La Société Rheinpreussen a commencé en face de Ruhrort un grand port pour le chargement de ses charbons, et la Gutehoffnungshütte vient d'inaugurer son nouveau port de Walsum. Cette société, dont les houillères et les usines sont éloignées du Rhin de 10 kilomètres environ, n'était reliée au fleuve que par le chemin de fer de l'État, qui, faute de wagons, se trouvait souvent dans l'impossibilité de transporter régulièrement ses produits jusqu'aux ports de Ruhrort-Duisbourg. Elle a remédié à cet inconvénient en créant pour son propre compte une voie ferrée et un emplacement de 420 mètres de long sur 60 de large au bord du Rhin pour l'embarquement de ses produits métallurgiques et le débarquement des minerais. L'ensemble de ces travaux a coûté 5 000 000 de marks.

Anvers et Rotterdam expédient-ils plus de marchandises allemandes que Brême et Hambourg? D'aucuns le prétendent, mais les avantages de leur position géographique et de leur outillage expliquent les regards d'envie qu'on lance de Berlin sur les deux métropoles. Car, en somme, n'est-ce pas l'Allemagne qui a fait la fortune de Rotterdam? Ne sont-ce pas les travaux des ingénieurs allemands qui ont régularisé, approfondi le Rhin? Ne sont-ce pas les industriels allemands qui alimentent le commerce d'exportation de Rotterdam? Les deux tiers du commerce d'importation ne sont-ils pas destinés aux populations et aux usines allemandes? N'est-ce pas le pavillon allemand qui, à Rotterdam comme à Anvers, se place au second rang, malgré l'existence d'une flotte marchande hollandaise. Sur

les 8138 navires de mer entrés en 1905, 1754 sont allemands (1), 3041 anglais et 1560 hollandais.

C'est ainsi qu'une étude sur les fonctions économiques des ports peut aussi projeter un certain jour sur des questions politiques connexes; n'est-ce pas d'ailleurs l'économie qui chaque jour davantage oriente et rapproche la politique et la géographie?

J. Charles, S. J.,
Professeur à l'Institut Saint-Ignace,
Anvers.

(1) Si l'on ajoute à ces 1754 navires entrés dans le port par mer, les 24 000 bateaux de rivière battant aussi pavillon allemand, on compte 25 754 navires allemands ayant visité Rotterdam en 1905.

XI

LE PORT DE GÊNES AU MOYEN AGE

Il y a un intérêt spécial à examiner, fût-ce brièvement, le port de Gênes, puisqu'au parfum d'archaïsme qui charme toujours dans l'étude d'un monde passé, s'allie ici l'intérêt d'actualité d'une histoire qui se recommence. Cette enquête nous dira peut-être le secret de cette pérennité de Gênes, de la prospérité qui attend la métropole méditerranéenne, active et vivace encore, et dont la décadence n'a été qu'un sommeil plusieurs fois séculaire.

Si de nos jours elle semble appelée à des destinées nouvelles, c'est qu'aux avantages naturels qui font que de tous les temps elle s'est sentie vouée à l'empire de la mer, les hommes ont ajouté les facilités modernes des passages subalpins : le percement du Mont Cenis a précédé l'essor commercial de Gênes, le Saint-Gothard a fixé son plein épanouissement et le tunnel du Simplon promet d'attirer vers elle le trafic qui, de plus en plus, déserte les ports français. Au moyen âge, sa seule situation l'avait mise tout d'abord au rang des plus grands ports du monde. Mais aussi quels avantages sans nombre lui assurait-elle ! Point le plus septentrional de ce golfe que la Méditerranée projette vers la plaine lombarde où l'océan et la montagne voisinent sous le ciel du Midi, Gênes était à proprement parler au centre du monde chrétien. Au bord de cette Méditerranée qui a vu briller et s'éteindre tour à tour tant de civilisations riveraines et qui fut le grand véhicule du commerce et des idées, Gênes ville maritime occupait

la même latitude que maintes villes continentales d'Italie ou de Provence.

Les pêcheurs et les premiers navigateurs lui avaient d'abord su gré d'offrir aux voyageurs, dans cette anse formée par deux promontoires, un ancrage facile, une mer profonde, un abri contre tous les vents sauf contre celui du sud-ouest. Puis plus tard, portant plus loin leurs convoitises, les Ligures avaient, dit-on, consacré aux dieux ces passages des Apennins dont le plus accessible, le col de Giovi, allait les mettre en pleine communication avec les étendues énormes de la Lombardie et du Piémont, cet hinterland naturel.

Cette « rivière » étroite resserrée entre l'Apennin et la mer, entre la montagne aride et la mer infertile, suffisait à peine à nourrir ce peuple énergique de Ligures dont la situation précaire déterminera dès le début la vocation maritime. Forcés d'aller chercher leur subsistance dans des mers, et des mers lointaines, ils se sentiront bientôt entraînés dans la voie des expéditions de pêche, des voyages de commerce et des rêves de conquêtes. Doués du sens des réalités pratiques qui ne les abandonne jamais, ils auront vite compris que chassés de leurs foyers ils pouvaient, de ces pérégrinations, tirer tout le parti possible : navigateurs par nécessité, leur nature âpre au gain en fera des marchands heureux, des hommes d'argent, finalement des banquiers. D'une hardiesse et d'une initiative sans limites, ils iront jusqu'aux confins de l'univers connu : leurs petits et solides bateaux se montreront dans toutes les eaux où se pratique la navigation d'alors. Les marins génois appréciés de tout le monde formeront les équipages des grandes escadres du temps : au XIVe siècle les Portugais, conquérants de la mer pourtant, confieront la charge héréditaire d'amiral au Génois Pézagno et le commandement de leurs navires à ses compatriotes. Leur esprit d'aventures les lancera à la recherche de

territoires nouveaux, et ce sont bien des fils de Gênes que ces « pêcheurs de Gloire », floraison dernière du caractère génois, Lancelot Maloisel (1), Sébastien Cabot (2), Christophe Colomb qui, pour le compte d'autres nations, augmentèrent si largement à la fin du moyen âge le champ des découvertes géographiques. Cette idée se confirme si on la rapproche de ce fait que, de nos jours, ce sont des marins génois qui monopolisent la navigation dans les fleuves de l'Amérique du Sud à qui leur province envoie chaque année le plus grand nombre d'émigrants.

Peu sensibles aux renommées stériles, les Génois, gens positifs, organisaient leurs conquêtes, et de leurs multiples acquisitions retiraient encore plus de profit que de gloire. Leur initiative, toujours en éveil, avait fait de la *Janua* romaine, l'*Emporium totius Liguriae*. Plus tard, au moment des Croisades, les Génois prirent part à l'exode chrétien, dont, en dernière analyse, ils furent les seuls avec les Vénitiens à retirer tous les bénéfices. Cette chevauchée épique, sept fois renouvelée vers la Syrie, donna une orientation décisive au port de Gênes.

La République met ses vaisseaux à la disposition des Croisés, transporte les pèlerins, prête l'argent aux princes, arme des mercenaires contre beaux écus sonnants et octroi de la liberté complète du commerce dans les pays dont ils s'empareraient. Leurs machines de guerre, puissantes, font merveille au siège de Jérusalem, leur flotte aide à conquérir les places fortes côtières, ils sont à la fois les vivandiers et les ingénieurs de l'armée, l'équipage et le train. En échange, ils reçoivent à Acre, à Gibelet, à Jérusalem, à Jaffa, à

(1) Lancelot Maloisel, Génois de famille française, découvrit à la fin du XIIIe siècle les îles Canaries.

(2) Sébastien Cabot découvrit, en 1497, Terre-Neuve et les côtes de la Nouvelle France ; d'Avezac a démontré son origine génoise.

Antioche, d'importants quartiers (*ruga* ou *vicus*) comprenant des maisons de commerce, des ateliers, un fondaco ou entrepôt, parfois une ville entière. Ils sont exemptés de tout droit d'entrée et de sortie, de droits d'accise et jouissent d'une juridiction particulière et nationale (1). Dès 1190, ils possèdent un consul général ou gouverneur en Syrie. Ils sont, dès lors, en relations suivies avec les musulmans avec qui ils pratiquent sur une grande échelle le commerce d'échange. De ces rapports avec les Asiatiques, ils conservent des notions sur l'Orient et c'est de ce côté que se dirigera dorénavant, d'une façon continue, leur activité économique. Ils ne s'arrêtent point à la Syrie, et tandis que vers l'ouest ils ont obtenu des privilèges au Maroc (1087) et des succès en Espagne (Minorque), ils enlèvent en Asie Mineure successivement les îles de Lesbos, de Chio, le territoire de l'ancienne Phocée; ils s'établissent en Thrace et à Chypre. Dans toutes ces contrées, les patriciens génois tendent à ériger autant de domaines héréditaires et autant de centres de rayonnement de la puissance génoise. Non contents de dépouiller l'Empire de ses colonies extrêmes, ils s'établissent en Anatolie (Amasra), prennent aux empereurs de Trébizonde, Kaffa en Crimée, Tana sur le Don, Balaklava dont ils font une ville européenne (2). Ils prennent pied partout et les patrices de Byzance ne peuvent même plus fixer librement leurs regards sur la Corne d'or où les Génois se sont emparés des faubourgs de Péra et de Galata dont ils ont fait des villes fortifiées. Partout à travers les mers, les Génois ont, depuis l'Italie, établi un véritable chemin de ronde entre le monde chrétien et le monde asiatique et jusqu'aux vallées du Caucase où les

(1) Voir W. Heyd, *Histoire du Commerce du Levant au moyen âge*. Leipzig, 1886.

(2) W. Heyd, *Histoire du Commerce du Levant au moyen âge*. Leipzig, 1886.

hautes tours, sur lesquelles flotte l'étendard à la croix génoise, commandent les routes de l'Asie centrale bordées de leurs caravansérails. Devenus redoutables aux dynastes byzantins, les Génois traitent sur un pied d'égalité avec les sultans d'Asie et possèdent virtuellement le monopole du commerce dans la mer Noire. C'est ainsi, vers le XIIIe siècle, que se dessine nettement la fonction du port de Gênes. A côté de Venise il sera le marché, plus encore l'entrepôt de l'Orient en Europe. Plus que son concurrent, il sera un puissant port d'armement, le principal entrepreneur de transport entre l'Europe et le Levant.

Mais la rencontre dans les mers d'Orient de ces républiques marchandes : Venise, Pise et Gênes, dont les intérêts seront volontairement en conflit, préludera à ces luttes fratricides qui rempliront les siècles suivants, de Gênes contre ses deux rivales : luttes pour la vie ou tout au moins pour une prospérité exclusive de toute autre, où se déploiera ce redoutable particularisme italien du moyen âge, pour lequel tout était ennemi, hormis le territoire contenu dans l'enceinte de la cité.

Pise avait été la première ville maritime pendant la première moitié des Croisades. Elle dominait la Méditerranée par la Sardaigne et la Corse et surpassait Gênes par son commerce et de toute la hauteur de sa culture intellectuelle. Ayant outrepassé ses droits en Syrie, elle eut à compter avec ceux que sa supériorité offusquait : les Florentins et les Génois. En 1284, ceux-ci remportèrent à la Méloria en face du littoral toscan une victoire qui consomma à jamais la ruine de Pise comme ville commerciale. Le port fut rasé et destiné à rester désormais sans communication avec la mer. Les Pisans devaient céder (1299) une partie de la Sardaigne, la Corse, et s'obliger à ne plus avoir pendant quinze ans de marine de guerre. Ils durent abandonner

les chaînes de leur port comme un trophée symbolique. Tout ce que Pise contenait de caractéristique ou de brillant, de richesse, de monuments et surtout de prospérité fut transféré à Gênes. Désormais libre de jouer dans la mer Tyrrhénienne le rôle de suzeraine, Gênes n'avait plus comme rivale que la Seigneurie qui devenait le grand marché mi-oriental, mi-chrétien et avec laquelle elle allait engager la lutte historique où, de part et d'autre, furent employés tous les moyens de combat, sur le terrain de la guerre et sur le terrain du commerce.

Gênes est, au milieu du XIVe siècle, dans son plein épanouissement économique. Pénétrons-y pendant une de ces années, où fait trêve la lutte jusque-là victorieuse contre Venise, dans un moment où l'accalmie des divisions guelfes et gibelines permet à ce peuple, remuant et prompt aux querelles, de vivre en paix sous le gouvernement sage d'un Simon Boccanegra, premier Doge de la République. Dès cette époque Gênes est triomphante partout, et son orgueil s'est accru de la réussite de toutes ses entreprises, guerrières ou commerciales, honnêtes ou douteuses. Rien ne lui résiste plus qui heurte de front son hégémonie : les ports tout voisins de Savone, d'Albenga, de Vintimille semblent vouloir se développer à son détriment ; Gênes limite rigoureusement leur navigation et va jusqu'à vouloir réduire au simple exercice du cabotage, les populations maritimes du midi de la France (1). L'empire latin de Constantinople est un adversaire dangereux pour ses colonies : elle aide le dernier descendant des Paléologue à renverser cette œuvre que Venise avait tant contribué à créer (1281).

Gênes est riche de vie et de mouvement. Ce n'est pourtant pas que l'industrie de la cité soit à ce point

(1) W. Heyd, *Histoire du Commerce du Levant au moyen âge*, p. 187.

fébrile. Bien que depuis longtemps déjà elle exporte vers les villes voisines le produit de son industrie cotonnière, bien qu'elle développe la fabrication de la soie apportée par les Lucquois en 1314, ou qu'elle exploite le *mysterium auri fillati* (1), l'art de broder avec des fils d'or les arabesques des tapis et de tisser les brocarts somptueux avec l'habileté que donne l'accoutumance de l'art oriental, il n'y a pourtant pas là de quoi justifier le mouvement qui anime son port. Ce qui fait la fortune rapide de ses marchands, c'est qu'ils ont bien compris le privilège que conférait à Gênes cette jonction sur son territoire même de la grande route maritime et de quatre passages vers l'hinterland. Parmi eux le col de la Bocchetta commande à la fois la route d'Alexandrie au Mont Cenis par Turin et celle du Mont Saint-Bernard par Ivrée, et le col de Giovi s'ouvre sur la plaine de Milan, où doit aboutir fatalement par Côme et la Suisse le commerce de l'Allemagne du Sud. Aussi, se sachant au carrefour des routes de France, de Flandre, d'Allemagne et de Lombardie, les Génois essaient-ils de drainer vers leur ville le commerce de la partie occidentale de l'Europe avec l'Asie.

Non contents de paraître aux foires fréquentées de Ferrare (2) et du Milanais, les Génois abordent à Aigues-Mortes, vont aux foires de Nîmes puis de Beaucaire, s'établissent à demeure à Montpellier et à Narbonne. Laissant à des entrepreneurs spéciaux le soin d'amener leurs marchandises (3), ils passent les Alpes et le Jura, et viennent séjourner à ces marchés ambulants qu'étaient les foires de Troyes, de Provins, de Bar-sur-Aube ou de Lagny. Ils font partie, en

(1) Schulte, *Geschichte des mittelalterlichen Handels und Verkehrs*, p. 542.
(2) *Idem*, p. 168.
(3) Schulte, *op. cit.*, p. 222.

première ligne, de cette *Universitas mercatorum* (1), société formée entre les marchands italiens sans distinction de villes et à qui le roi Philippe-Auguste en 1207, et plus tard ses successeurs accordèrent leur protection et de multiples privilèges. Les rois de France, les comtes de Bourgogne (2) (1295), les comtes de Savoie, comprenant l'importance de leur amitié offrent à l'envi aux Génois le passage à travers leurs États, et essaient de les attirer dans leurs zones d'influence. Dans ces foires de Champagne, les Génois se rangent surtout dans la catégorie des « Espiciers » (3). Ils vendent aussi les tapis, les tissus de soie et recherchent particulièrement les industriels flamands à qui ils achèteront les draps et les toiles. De la sorte, il se produit perpétuellement sur les marchés du moyen âge un double courant : l'un, de l'Orient à l'Occident pour les tissus de soie et de coton ; l'autre, d'Occident en Orient pour les tissus de lin et de laine (4). A la décadence de ces foires au XIVe siècle, ils n'interrompent point les relations avec la Flandre. Ils s'y rendent, tantôt par la France, tantôt par Bâle et Cologne, le plus souvent par la mer. Des comptoirs permanents sont installés par eux à Bruges et à Damme, où ils forment des colonies importantes, attirées par les conditions favorables qui leur sont faites et préoccupées du négoce et des affaires de banque.

En 1324, l'État génois, reconnaissant la nécessité de régulariser ce trafic déjà très ancien, établit un service annuel de galères entre Gênes et Bruges. Les navires allongent parfois leur chemin, et vont en Angleterre échanger leur cargaison exotique contre la laine, les

(1) Association fondée vers 1278 sous ce titre : « Universitas mercatorum Italiae nundinas Campanae ac regnum Franciae frequentantium ». Elle était l'œuvre exclusive des marchands qui s'y affiliaient à titre purement individuel.
(2) Schulte, *op. cit.*, p. 200.
(3) W. Heyd, *op. cit.*, p. 714.
(4) *Idem*, p. 693.

cuirs, les métaux; comme les Flamands ne vont point dans les mers du Levant, les Génois se chargent de leurs marchandises et voyageant ainsi toujours avec du fret de retour, ils seront les intermédiaires d'un échange constant entre l'Orient et la Flandre. Telle est, sans en excepter l'Espagne et le Portugal auprès desquels ils remplissent le même rôle, la clientèle européenne de ce commerce que les navires de la République génoise desservent eux-mêmes presque toujours. Autre est la situation de l'Allemagne du Sud et, pour moins nombreuses que soient les visites des marchands génois, le commerce n'en est pas moins actif avec cette région qui, trouvant à Gênes son débouché naturel, enverra elle-même nombre de ses marchands dans le grand port ligure (1). Ce simple énoncé suffit à fixer l'importance de Gênes comme port d'armement. Son chantier naval, de beaucoup plus important que celui de Venise, lui permet de répondre aux exigences d'un trafic qui est aux mains des particuliers, tandis qu'à Venise il est monopolisé par les pouvoirs publics.

De retour dans leur ville transformée en un vaste *Emporium*, les armateurs génois s'organisent vers le mois de septembre en caravanes pour l'Orient. Réunis parfois, au nombre de vingt-deux grands navires (2) pour se protéger des pirates, quelle que soit l'atmosphère politique de ces pays, ils vont vers l'Égypte par le détroit de Messine. Toutes leurs escales, Messine, l'Ionie, Candie, Rhodes et Chypre sont autant de comptoirs ou de colonies que Gênes s'est ménagés dans ces pays intermédiaires et qui lui constituent les véritables « Échelles du Levant ». A Alexandrie où ils abordent, il y a dans la bonne saison des centaines de navires d'Europe. Eux-mêmes y possèdent

(1) W. Heyd, *op. cit.*, p. 732.
(2) Schaube, *Handelsgeschichte der Romanischen Völker*. Munich, 1908, p. 152.

de vastes magasins, où ils déchargeront le fer, les bois, les lourds et encombrants matériaux pour la construction des navires. Ils y embarqueront, par contre, les épices et autres denrées venues des Indes vers Suez. Pourtant, depuis la chute de leurs colonies de Syrie ils viennent moins en Égypte. Bien que ne respectant pas toujours le bref d'excommunication que le pape a adressé à ceux qui feraient le commerce avec les États du Sultan et à eux tout spécialement (1), ils ont cependant déplacé l'axe de leurs relations vers le nord de l'Asie Mineure, l'Arménie, la Crimée. Ils rêvent même de détourner dans cette direction le commerce de l'Inde, et de l'amener dans la mer Noire au détriment du Soudan d'Égypte. A Chio, où règne la société génoise connue sous le nom de *Mahone* (2), ils prennent le mastic, la résine; à Phocée, le produit des mines d'alun si nécessaire pour la teinture; à Lesbos, à Satalié, partout où aboutissent les routes d'Asie Mineure ils atterrissent. Dans le Bosphore, sous les arcades de Péra et de Galata on échange en tous temps les matières tinctoriales, les pelleteries du Nord, les fruits du Midi, les toiles de Champagne, les draps de Flandre. L'exemption complète des droits de douane dont ils jouissent dans l'empire depuis le traité de Nymphaeum (1261) donne un vif essor à leur commerce dans la mer Noire. A Trébizonde, ils envoient vers l'Arménie des convois de froment, d'orge, d'huile et d'étoffes. Ils ont à Caffa, dans le sud de la Crimée, leur quartier général. Plus

(1) Nicolas IV, l'année de la prise d'Acre par les infidèles, publia un décret interdisant pour tout pays soumis au sceptre du Sultan, toute fourniture d'armes, de chevaux, de fer, de bois, de vivres et autres articles quelconques sous peine pour les contrevenants d'encourir l'excommunication et en second lieu d'être déclarés infâmes, déchus des droits civils et civiques et incapables de tester et d'hériter (1291).

(2) Sorte de société par actions, constituée lors de la conquête de l'île en 1346. Chaque patron de navire reçut comme indemnité un titre qui lui assurait une quote-part sur les recettes publiques.

loin, à Tana (1), ils trouvent le blé, le sel, les poissons du Don. Ils remontent ce fleuve, transportent par voie de terre leurs bateaux vers les affluents de la mer Caspienne et établissent sur cet énorme lac un service de navigation. Il arrive qu'ils s'engagent à Tana sur cette route immense, qui leur permet d'atteindre par Astrakhan, Boukhara et Samarkand la frontière de la Chine.

En 1326, des missionnaires franciscains nous apprennent que des Génois faisaient commerce dans la ville de Zayton (Tchang-Tchéou) (2). Leurs caravanes d'Asie, souvent d'une valeur de 200 000 livres (3), rapportent vers leurs comptoirs le satin de la ville de Zayton qui lui donne son nom, les draps d'or et les taffetas de Perse, les brocarts de Damas. Partout sur les bords de cette mer qu'ils regardent comme leur domaine, c'est un concours de nations venant offrir leurs produits.

Parfois aussi, délaissant les voyages au long cours, ils faisaient le long des côtes de l'Orient le simple cabotage, dont l'objet était fréquemment le commerce des esclaves (4). Toutes ces possessions formant avec leurs territoires, leurs marchés, leurs juridictions propres un organisme très complet, étaient fortement rattachées à la mère-patrie qui nommait leur consul, leur vicecomes ou leur podestat. Dans la métropole, l'*Officium Gazariae* (Bureau de la Crimée) centralisait les différents services de ces colonies.

Un tel accroissement de territoire, une telle dépense d'activité et de patriotisme intéressé enrichissaient rapidement Gênes. Elle avait agrandi son port, reconstruit son vieux môle, édifié des palais de marbre, et blottie sous l'église de Santa Maria di Carignano, elle voyait

(1) Tana (Azov), port de la mer d'Azov à l'embouchure du Don.
(2) Ville de la côte sud-est de la Chine en face de Formose.
(3) W. Heyd, *op. cit.*, p. 131.
(4) *Idem*, p. 559.

s'égayer ses quais du va-et-vient des navires marchands. Elle tenait aussi des foires importantes où l'Europe se donnait rendez-vous : on y trouvait les merveilles de *l'ovror del Genöes*, les draps d'Allemagne, de Bruges et de France, les toiles de Liége dont les Génois se réservaient le monopole (1), vis-à-vis de la soie de Ghilan, des pierres précieuses, des épices, poivre, cannelle, muscade, des aromates et des fruits mûris au soleil des Indes. Tout auprès (2), sur les bancs où venaient s'échanger les monnaies, les Astygiens et les Génois faisaient le commerce d'argent en place publique.

Quand la paix le lui permettait, le Génois, habile commerçant, savait être bon administrateur, et tous ces étrangers amenés dans la ville par les nécessités du trafic n'avaient qu'à se louer de la protection et de la bienveillance génoises. S'il faut en croire un document de 1419 (3), le port de Gênes offre aux marchands, et spécialement aux Allemands, des avantages incontestables sur Venise, surtout en ce qui regarde le régime de la liberté. Plus proche d'eux, il met à leur disposition un marché plus fourni, grâce aux fortes dimensions des navires génois; il leur permet l'usage de ces mêmes bateaux, ce qui n'existe pas à Venise où règne un monopole sévère. Aucun délai n'est fixé aux étrangers pour la vente des denrées qu'ils amènent, et ils pourront en conserver le prix sans être obligés de le remployer à des achats en nature. A Venise, ils sont enfermés la nuit dans le *fondaco*, tandis qu'à Gênes ils conservent toute leur liberté d'allures et ne sont frappés que de droits minimes. Les Allemands, qui abondent à Gênes, sont les premiers l'objet des faveurs de la République.

(1) Schulte, *op. cit.*, p. 148.
(2) *Idem*, p. 312.
(3) Lettre adressée par Gênes aux villes allemandes. Ce document retrouvé aux archives de Nuremberg a été édité par Schulte, t. II, p. 256.

Dès avant le XIIe siècle, les Allemands avaient des rapports suivis avec Gênes (1). En 1398, sur la réclamation des villes de Souabe, de Franconie et de Bavière, ils sont affranchis de tout droit de sortie et de toute augmentation de droits d'entrée (2). Leur commerce est protégé contre la piraterie et on veille à ce que justice, bonne et prompte leur soit rendue. Sur les instances des Génois, le gouverneur de Milan abaisse les droits en faveur des Allemands. La politique de l'empereur Sigismond, ennemi déclaré de Venise, vaut à ces marchands de nouveaux privilèges. En 1424, il leur est concédé un établissement : le fondaco de Saint-Siri, où ils pourront à l'aise débattre leurs intérêts (3). Au XVe siècle ils y ont un consul comme les Catalans et les Lombards. Ces avantages exceptionnels dont jouissent les Allemands, nous révèlent une fonction accessoire du port de Gênes. Il a pour la Souabe, la Suisse, le sud-ouest de l'Allemagne, une importance capitale, comme port de transit pour le commerce avec les pays d'outre-mer, spécialement l'Espagne et le Portugal. C'est, semble-t-il, cette fonction qui s'affirmera de plus en plus, à mesure que les relations diminueront avec les pays d'Orient. A entendre les Génois dire, et avec raison, en 1508, qu'ils traitent les Allemands comme gens de leur propre sang (4), on constate que la tendance existait déjà à ce temps de faire de Gênes « le grand port allemand de la Méditerranée » (5).

Le commerce suivi vers Gênes par les Alpes est, de plus, d'un grand profit pour la plaine lombarde. Aussi, les autorités de Milan et des villes qui en bénéficient s'inquiètent-elles de rendre acceptables les conditions d'accès de leur région aux marchands ultramontains.

(1) Schulte, p. 107.
(2) Idem, p. 532.
(3) Idem, t. II, p. 155.
(4) Idem, p. 550.
(5) Louis Paul-Dubois : Revue des Deux-Mondes, 1904.

En 1346, les villes de Milan, Crémone, Lodi, Côme et Pizzighettone passèrent l'acte connu sous le nom de *Provixiones Januae* (1), fixant le tarif des droits à acquitter dans chacune de ces villes. Elles modèrent le droit de transit, prennent soin de garantir la liberté individuelle des négociants, et la garde de leurs marchandises. Ce document intéressant nous renseigne très exactement sur les objets de ce trafic (2). Son nom seul est significatif, quant à établir l'influence considérable exercée par le port de Gênes sur son hinterland immédiat.

Cette prospérité, fruit de tant de hardiesse, d'habileté, de diplomatie équivoque, eût pu toujours durer, car rien n'empêchait Gênes, semble-t-il, de poursuivre, malgré Venise, sa destinée. Le commerce, à cette époque, était assez important pour que deux petites républiques pussent vivre à l'aise sans se contrarier. Tel n'était point le cas de ces deux villes, qui prétendaient chacune à un empire de la mer exclusif. Ce fut durant la fin du XIVe et du XVe siècle une lutte acharnée pour cette hégémonie, qui leur faisait perdre de vue les colonies, cause du litige. Il arrivait que Gênes envoyât vers l'Orient des flottes de soixante navires. Tout revers, dans ces conditions, était un amoindrissement inappréciable de forces, d'autant plus désastreux qu'à Gênes, le port s'identifiait presque avec la République.

Délivrée par instant des menaces de la guerre extérieure, la ville était aussitôt déchirée par les factions : peuple ou aristocrates, Fregosi ou Adorni, jusqu'au moment où, épuisée, elle se donnait successivement au duc de Milan, au marquis de Montferrat, au roi de France (1396).

Le résultat fatal fut un affaiblissement de Gênes dans

(1) Schulte *op cit.*, t. II, p. 131.

(2) Laines d'Angleterre, draps de Provins, velours, fourrures, vair, épices, mercerie, fils d'or, etc,

les mers du Levant. Gênes connut encore dans sa lente décadence des jours de fortune, par l'intervention dans la politique de la banque de Saint-Georges (1). Cette institution commerciale, fondée sous la domination française, en 1407, par le maréchal Jean Lemaigre de Boucicault, devint la grande créancière de l'État. Seule force organisée, au milieu de l'anarchie de la nation, elle accapara la direction des affaires et entreprit de relever la fortune de la République dans les colonies. Elle reprit à son compte les charges de l'État et accepta la souveraineté entière de la Corse et des nombreux comptoirs de la mer Noire. Malgré la prise de Constantinople, en 1453, elle sut éviter en partie les conséquences de cette catastrophe, que n'avaient pu empêcher ni les compromissions, ni la servilité de Gênes envers les sultans.

Mais tandis que Venise était à son apogée, Gênes, malgré le commerce qu'elle entretenait avec l'Europe, voyait d'année en année déchoir son influence : elle fut réduite à répondre aux envoyés du pape Pie II, la conviant à la Croisade : *Galeas in praesenti non habemus* (2).

Gênes sacrifiait tout à cet égoïsme mesquin et turbulent, que Louis XI caractérisait en refusant l'hommage

(1) Voir Bull. Comm. Royale d'Hist., 2e série, t. 10. *Note historique sur la banque de Saint-Georges à Gênes*, par le comte Giuseppe Greppi. — Léon Say, *Dictionnaire d'Économie politique*. — Casa di San Giorgio, fondée sous le nom de Compere di San Giorgio (achats de Saint-Georges). C'était une association de familles capitalistes, ayant pour but de protéger le mouvement commercial avec l'Orient et de l'attirer à Gênes. Elle eut toujours une existence indépendante. Elle fournit continuellement à l'État les fonds dont il avait besoin en temps de crise. Ses privilèges, ses capitaux abondants, ses agents nombreux, sa puissante administration (conseil de 480 membres dirigés par huit protecteurs) en faisaient un « État dans l'État ». En 1453, elle accepta la cession de Kaffa, Péra et la Corse, et, en 1488, plusieurs places fortifiées en Italie. Elle a pu servir de modèle aux compagnies des Indes, à la banque de Law, et plus récemment aux compagnies à charte. Ses protecteurs intervenaient à tous les actes importants du gouvernement.

(2) Atti della Soc. lig., VII, 221.

de ce peuple : « Les Génois se donnent à moi, et moi, je les donne au diable ».

Les yeux fixés vers l'Orient, elle s'éternisait dans ce rêve de résurrection du passé, tandis que la richesse commerciale se déplaçait vers l'Ouest avec l'époque des grandes découvertes. C'est cette même politique périmée, qu'elle servait en encourageant les projets de domination mondiale du roi Charles VIII pour qui elle rassemblait, en 1494, l'une des plus grandes flottes qu'elle eût jamais connues (1). Contraste saisissant : à ce même temps Christophe Colomb, Génois de naissance, mettant en œuvre les découvertes scientifiques de la Renaissance et de Toscanelli, se voyait contraint de demander à l'étranger la flottille de trois vaisseaux que lui avait refusée le Sénat de sa patrie.

Par un hasard singulier, l'orientation du monde vers un nouvel horizon, qu'elle avait tant redoutée, cette œuvre d'exploration mondiale à laquelle elle n'avait point collaboré, lui valut un regain de vie. Grâce à la négligence des Portugais, qui laissèrent toujours à d'autres la navigation intereuropéenne, Gênes profita de la prospérité acquise à Lisbonne par Vasco de Gama (1498). Son port redevint un instant le passage fréquenté entre le Portugal et l'Europe centrale, et ses marins transportèrent dans tout pays le chargement des galions portugais. C'était un dernier hommage rendu à leur activité tenace, et aussi à ce rôle d'armateurs dont ils avaient depuis longtemps acquis la possession d'état.

JOSEPH HANQUET.

(1) Cette flotte comprenait encore 12 navires de charge et 96 navires moindres pouvant recevoir environ 3000 chevaux. Senarega : *de Rebus genuensibus*. Muratori, p. 542.

XII

LE PORT DE MARSEILLE [1]

Le port de Marseille a derrière lui un passé de vingt-cinq siècles. C'est dire qu'on pourrait rattacher à l'étude de cette illustre cité, qui a mérité d'être appelée la « reine de la Méditerranée », une partie de l'histoire maritime de notre pays. La gracieuse légende qui raconte ses origines symbolise l'union qui se fit, six siècles avant l'ère chrétienne, entre la Gaule alors inconnue et la Grèce, foyer principal de la civilisation.

En offrant la coupe des fiançailles à un Phocéen, débarqué peut-être par hasard dans la baie qui forme aujourd'hui le vieux port, la fille du roi des Ségobriges ne pensait pas qu'elle allait contribuer à faire de Massalia le centre du commerce maritime de tout le bassin occidental de la Méditerranée, en même temps que le débouché de cette vallée du Rhône, par laquelle les légions romaines devaient un jour se diriger vers le nord et jusque dans les contrées qui forment aujourd'hui la Belgique.

Pendant des siècles les Marseillais entretinrent des relations suivies, d'un côté avec la Bétique et le pays de Tartessos, fameux pour ses richesses, de l'autre avec le monde grec. Ils fondèrent un grand nombre de colonies, soutinrent des guerres contre les Ligures, les Étrusques, les Carthaginois et suscitèrent des expéditions de toute sorte.

(1) Conférence faite à l'Assemblée générale de la *Société Scientifique de Bruxelles* du mardi 9 avril 1907.

Marseille fut en même temps la pépinière d'une légion de navigateurs.

C'était un Marseillais que ce Pythéas qui découvrit l'Islande et visita la Baltique, laissant des notes de voyage dont Pline et Strabon nous ont conservé de si intéressants fragments.

C'était un Marseillais, cet Euthyméne, qui longea les côtes d'Afrique, et ouvrit à ses compatriotes des débouchés jusqu'au Sénégal.

Marseille fut pendant cinq cents ans la porte principale de cette admirable région qu'on appela *Provincia*, la province par excellence des Césars, région bénie qui fut aussi le point de départ du christianisme dans la Gaule païenne. Elle bénéficia de l'importance croissante prise par la Méditerranée, cette « mer du milieu » qui joua un si grand rôle dans l'histoire de la civilisation.

Après des luttes tragiques contre les comtes de Provence, les Marseillais formèrent une sorte de république, qui eut une réelle importance au moment des Croisades. Ils fournirent aux Croisés des armes, des approvisionnements, des moyens de transport, obtinrent en récompense d'importantes concessions sur les côtes de l'Asie Mineure et installèrent solidement leur domination sur une série de points qu'on a appelés les *Échelles du Levant* et les *Échelles de la Barbarie*.

Aux XIVe et XVe siècles, Marseille joua un rôle aussi brillant que les fameuses républiques de l'Italie. Si au moment des grandes découvertes du XVIe siècle les Marseillais n'ont pas été les ouvriers de la première heure, ils n'ont pas tardé à prendre leur revanche et ont tenu une grande place dans l'histoire de l'expansion de la France. Marseille a contribué plus qu'aucune autre ville française à la formation du vaste domaine d'outre-mer que nous possédons maintenant...

Mais je ne puis insister sur ce glorieux passé, pas

plus que sur la beauté de la situation qu'occupe Marseille, dominée par la pittoresque colline de Notre-Dame de la Garde, du haut de laquelle on admire, d'un côté la mer avec ses eaux de saphir, ses îles, ses rochers, de l'autre l'amphithéâtre de montagnes, aux tons bleus et cendrés, que domine l'étrange protubérance qu'on appelle le Pilon du Roi, tandis qu'aux pieds du spectateur s'étend la ville, bruyante et animée, offrant sous l'éclat du soleil, la gaieté des cités méridionales, l'activité des centres industriels, le mouvement des villes de commerce.

C'est du port actuel que je dois surtout vous entretenir. C'est le premier port de l'Europe continentale d'où soit parti un navire à vapeur. Dès 1831, il avait inauguré des services réguliers avec l'Italie. En 1839 il était le troisième port du monde, après Londres et Liverpool. En 1844 on décidait la création de nouveaux bassins qui, augmentés peu à peu, ont maintenant une superficie totale de 193 hectares, avec un développement de quais de 22 kilomètres (fig. 1).

Marseille est aujourd'hui le centre principal de nos grandes compagnies de navigation : Compagnie Transatlantique, Compagnie des Messageries maritimes, Compagnies Paquet, Touache, Fraissinet, etc. Le percement du canal de Suez, cette œuvre si éminemment française, semblait devoir faire grandir encore la prospérité de la ville. Il paraissait devoir rendre à la Méditerranée le rôle prépondérant qu'elle avait joué dans l'antiquité, rôle que la découverte de l'Amérique et de la route du cap de Bonne-Espérance lui avait en partie enlevé.

Mais cette route nouvelle eut des effets que M. de Lesseps n'avait pas complètement prévus. En bouleversant les relations internationales et en modifiant les courants commerciaux, elle suscita à Marseille des

concurrences contre lesquelles notre grande cité méditerranéenne n'a pu parvenir à se défendre.

Marseille a cherché à lutter en devenant une ville industrielle, en développant quelques industries anciennes, comme celle de la savonnerie, en créant un grand nombre de fabriques nouvelles. Ces créations ne sont-elles pas surtout le contre-coup de notre régime

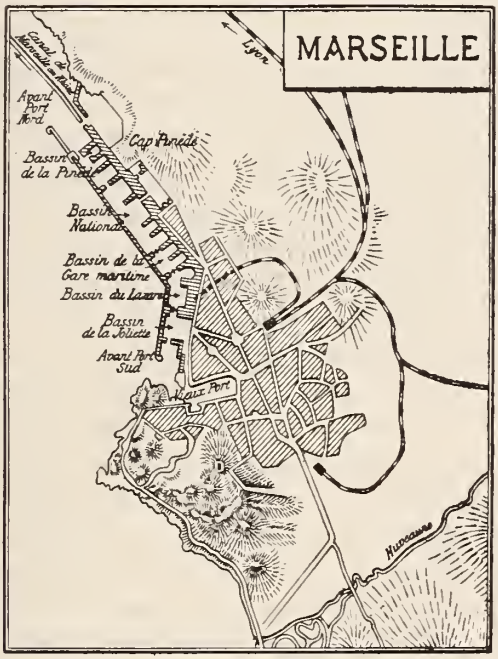


Fig. 1. — Situation des bassins

douanier de 1892? C'est une question que je ne veux pas examiner ici, je constate seulement que les progrès de l'industrie sont actuellement plus rapides à Marseille que ceux du commerce. On peut même se demander si, dans la Marseille du XXe siècle, l'activité industrielle ne l'emportera pas sur l'activité commer-

ciale. Les derniers rapports de la Chambre de commerce constatent, par exemple, que le nombre des chevaux-vapeur utilisés à Marseille ou dans la banlieue a triplé depuis vingt ans.

Parmi les industries qui se sont développées il faut citer particulièrement celles qu'on a pu appeler les industries coloniales. Les deux groupes les plus importants sont les industries qui travaillent les céréales et celles qui emploient les corps gras. Ainsi la minoterie marseillaise (qui ne compte pas moins d'une centaine d'usines) triture chaque année par des procédés perfectionnés d'énormes quantités de blés étrangers venant de la Russie, des Indes, de la République Argentine, de l'Algérie et de la Tunisie. Les blés importés de nos deux grandes colonies africaines conviennent particulièrement à la fabrication des pâtes alimentaires et leur utilisation a donné une grande impulsion à la culture des céréales dans l'Afrique du Nord.

L'industrie et le commerce des huiles sont nés à Marseille des besoins de la savonnerie. C'est pour alimenter celle-ci que les négociants d'autrefois achetaient de grandes quantités d'huiles d'olive dans le Levant. Aujourd'hui l'Algérie et la Tunisie lui envoient la plus grande partie de leur production. La quantité de graines (arachide, sésame, lin, colza, coton, pavot, ricin, coprah, palmiste, etc.) actuellement consommées par l'huilerie de Marseille, dépasse 5000 tonnes chaque année. C'est à Marseille qu'ont été faits les premiers essais de ces graisses végétales alimentaires désignées sous le nom de végétalines, qui paraissent devoir prendre dans l'avenir une certaine importance.

Quant aux fabriques de bougies, elles ont une réputation méritée.

Marseille est aussi un grand centre sucrier. Ses raffineries travaillent une part considérable de nos sucres des colonies. Elles alimentent des confiseries et choco-

lateries prospères. Signalons aussi les tanneries, l'industrie des salaisons, des fabriques de soude artificielle, d'acide sulfurique, de sel de soude, fabriques qui, à leur tour, alimentent d'autres ateliers tels que teintureries, verreries, manufactures de glaces.

L'industrie textile prend même une certaine importance. On a créé des ateliers où on tresse l'*alfa*, où se fabriquent toutes sortes de paniers et d'articles de sparterie, très employés dans le Midi. On travaille aussi le jute, qui nous vient des Indes et dont on fait des toiles, des sacs, des tapis.

Ce développement de l'industrie à Marseille a marché de pair avec le développement de notre Empire colonial. Les Marseillais ont constaté qu'ils ne pouvaient pas attendre beaucoup (nous allons voir pourquoi) de la France continentale. Ils ont porté leur attention et leur effort du côté de la France coloniale. Marseille escompte l'essor que prendra au cours du XXe siècle ce continent encore si mystérieux dont les anciens disaient déjà : « Il y a toujours quelque chose de nouveau dans l'Afrique ».

Le développement de l'Algérie et de la Tunisie, celui, plus incertain mais inévitable, du Maroc, la mise en valeur du Soudan, qui renferme une population de 10 millions d'habitants, et est peuplé par des races très accessibles au progrès, ce sont là des éléments dont Marseille espère profiter largement. Elle compte bien devenir de plus en plus notre métropole coloniale.

Les congrès qui se sont tenus pendant l'Exposition ont permis de constater que les Marseillais font de grands efforts pour s'adapter aux nécessités de la politique coloniale contemporaine.

Grave problème que celui de la politique coloniale. Je ne peux en parler qu'incidemment, mais il importe cependant de rappeler ici les nouvelles idées directrices qui l'inspirent. Cette politique ne consiste pas seulement

à permettre aux colonies de procurer à la mère patrie, en abondance et à bon compte, les produits exotiques, elle tend beaucoup plus à faire en sorte que les colonies achètent les produits métropolitains.

Marseille est entrée dans cette voie. Elle s'efforce de fournir aux colonies, pour aider celles-ci à se développer, les produits dont elles ont besoin.

L'intérêt qu'elle porte aux questions coloniales a déterminé Marseille à créer, il y a quelques années, un enseignement colonial supérieur destiné à la fois aux étudiants, aux futurs commerçants, aux futurs industriels, aux futurs colons, en même temps qu'au grand public dont l'opinion a encore si besoin d'être éclairée.

On y a organisé une préparation spéciale pour les médecins des colonies; on a créé récemment des chaires pour l'étude de la pathologie, de la thérapeutique, de l'hygiène aux colonies et il s'agit d'adjoindre à cette création un Institut colonial INDIGÈNE, c'est-à-dire qu'on fera venir en France les fils des familles indigènes les plus notables pour leur faire connaître notre civilisation, la leur faire aimer, leur faire apprécier les avantages de la solidarité qui les unit sous la tutelle de la France.

Les Marseillais sont intervenus très efficacement, depuis plusieurs années, dans la mise en valeur de la plupart de nos colonies. En Algérie, ils ont su mettre à la disposition des cultivateurs du Tell les meilleurs moyens d'écoulement de leurs produits. En Tunisie, ce sont des Marseillais qui ont repris dans la région de l'Enfida, la culture rationnelle de l'olivier, et redonné aux huileries leur activité d'autrefois. A Madagascar, en Guinée, au Dahomey, ils ont également fait beaucoup.

Et pourtant le développement de Marseille est loin d'être satisfaisant à tous égards.

Les statistiques sont là qui nous obligent à constater que les progrès du port sont beaucoup plus lents que ceux des autres ports européens. Le mouvement général des entrées et des sorties réunies s'est élevé, l'an dernier, à 15 930 939 tonnes. Il est notablement inférieur à celui d'Anvers, de Rotterdam, de Hambourg surtout qui a dépassé 21 000 000 (1).

Dans la Méditerranée même, Marseille régnait seule il y a vingt-cinq ans. Elle concentrait les marchandises de l'Europe centrale à destination ou en provenance de l'Italie et de l'Espagne tout aussi bien que de la France. Il n'en est plus de même aujourd'hui.

Marseille est serrée de près par Gênes. Et Gênes n'est pas seulement un grand port italien, c'est aussi un port allemand. Le gouvernement impérial, avec une ténacité extraordinaire, y a installé et y soutient par tous les moyens en son pouvoir des lignes allemandes très importantes qui ont été récemment créées les unes, dans la Méditerranée, les autres à destination de l'Extrême-Orient (2).

(1) STATISTIQUE DU PORT DE MARSEILLE POUR L'ANNÉE 1906

	Nombre de navires	Tonnage de jauge	Poids des marchandises (t. de 1000 kg.)	Voyageurs
Entrées . .	8 063	7 974 606	4 276 602	219 110
Sorties . .	8 140	7 956 333	2 469 238	195 146
Totaux . .	16 203	15 930 939	6 745 840	414 256

(2) Il convient seulement de remarquer que Gênes est surtout un port d'importation. Une bonne partie des marchandises qui y sont importées se composent de charbon, c'est-à-dire des matières lourdes ayant peu de valeur sous un poids considérable. Au point de vue des exportations, Marseille l'emporte de beaucoup sur Gênes, de 1 200 000 tonnes environ. Et les exportations marseillaises se composent, pour une large part, d'objets manufacturés ayant beaucoup de valeur sous un faible poids. A ce point de vue, Marseille, un peu inférieure au Havre, l'emporte sur Gênes et même sur Hambourg.

Quant aux Échelles du Levant, ce domaine séculaire de l'activité marseillaise, elles sont envahies par les Anglais, les Allemands, les Autrichiens, les Italiens.

Le développement de Gênes et d'un certain nombre d'autres ports de la Méditerranée, voilà donc une première cause de difficultés pour Marseille.

En voici une seconde :

La région qui avoisine Marseille n'est ni industrielle, ni importante au point de vue minier. Le Midi de la France est loin d'offrir à cet égard le tableau d'une activité comparable à celle de nos départements du Nord et de l'Est. Et ce n'est pas du côté de Marseille que se dirigent les produits de ces régions-là.

Marseille n'est pas reliée au Rhône ; Marseille n'a que des communications insuffisantes avec l'intérieur de la France (fig. 2). Hambourg, Rotterdam, Anvers, présentent un spectacle tout différent. Ces trois ports sont à la fois des entonnoirs et des débouchés. Ils sont le débouché des régions industrielles qui forment leur *Hinterland*, grâce aux fleuves, aux rivières, aux canaux, par lesquels on peut porter aisément au cœur du pays les matières premières dont les usines ont besoin, et en même temps drainer la production agricole, industrielle ou minière.

Comme l'a si bien dit M. Charles Roux, pour assurer la prospérité d'un port il ne suffit pas de creuser des bassins, de construire des jetées, d'élever des môles, d'installer des grues, des bigues et des phares. Il faut que le port, pour lequel on fait de grosses dépenses, soit le centre d'un grande activité commerciale ; il faut qu'il soit une grande porte par laquelle entrent ou sortent beaucoup de marchandises, il faut qu'il soit une des têtes de ligne des routes par lesquelles les produits importés se répandent dans le pays et à l'étranger. Or, Marseille n'est pas un débouché convenable pour notre productivité industrielle. Liverpool a grandi en

raison du développement industriel de son arrière pays. On ne peut en dire autant de Marseille.

La fonction commerciale de Marseille est insuffisante.

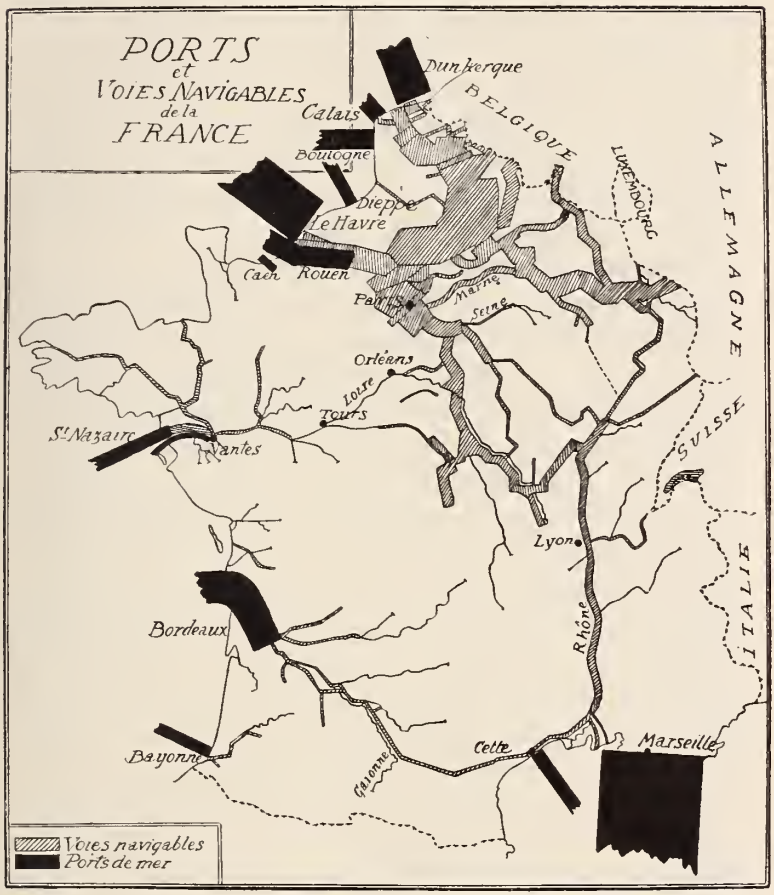


Fig. 2. — Ports et voies navigables de la France.
L'importance de leur trafic respectif est figurée approximativement par les surfaces noires ou grises

Mais, direz-vous, Gênes n'est pas plus favorisée. Gênes n'est à l'issue d'aucun fleuve, d'aucun canal.

Elle est séparée, comme Marseille, de l'Europe centrale, par des montagnes et pourtant son mouvement maritime a grandi, dans la dernière période décennale, cinq fois plus vite que celui de Marseille.

C'est qu'en effet, grâce au percement du Saint-Gothard, du Mont Cenis, du Simplon, Gênes se trouve en communication très directe non seulement avec l'Europe centrale, mais encore avec l'Est et le Nord de la France. Les Italiens ont intelligemment concentré toutes leurs sollicitudes et tous leurs efforts sur cette ville à laquelle ils ont laissé d'ailleurs une organisation presque autonome.

Grosse et difficile question sans doute que celle de l'autonomie des ports, et qui ne comporte pas de solution uniforme. On ne peut soumettre à un même régime de grands ports qui se suffisent à eux-mêmes et de petits ports que ne visitent que des navires d'un faible tonnage, et qui ne percevront que des taxes insignifiantes. Marseille, du moins, est dans les conditions les meilleures pour faire un essai. Les hommes les plus compétents estiment qu'il n'y aurait pas d'inconvénient à ce que l'État passe au crédit de la ville, ou de la Société qui pourrait se constituer pour l'administration du port, le montant des droits de quai et des droits sanitaires qu'il perçoit pour son compte. Il lui fournirait ainsi les moyens de gager les emprunts nécessaires pour maintenir le port à la hauteur des progrès modernes. Les travaux seraient certainement effectués avec plus de rapidité qu'ils ne le sont aujourd'hui par l'État.

Ce système a réussi à l'étranger, à Brême, à Hambourg, à Liverpool, à Southampton.

Les administrations locales pourvoient à la plus grande partie des dépenses de construction, d'agrandissement et d'entretien de leurs ports, et l'État n'intervient que pour les travaux publics d'une importance exceptionnelle.

Le développement de nos ports est d'ailleurs constamment entravé par les « formalités » administratives, résultant de ce fait que les moindres changements ne peuvent être exécutés que par le concours de cinq ministères (sans parler du Conseil d'État).

Les plans du bassin de la Pinède ont été adoptés en 1889. C'est en 1895 seulement que les travaux commencèrent; ils n'ont été achevés qu'en 1906. Il a fallu patienter dix-sept ans! Et les profondeurs prévues en 1889, sont regardées maintenant comme insuffisantes. A l'excès des formalités administratives viennent s'ajouter les erreurs d'une politique électorale qui a eu pour conséquence, d'imposer chez nous, des économies à l'un des chapitres du budget qui devrait cependant le moins en comporter, au chapitre des *travaux publics*.

Notre mesquine politique électorale a eu pour résultat de faire distribuer *un peu* sur chaque portion de territoire, afin de *contenter un peu* tous les électeurs; et les miettes de crédit ainsi distribuées ont été si faibles qu'elles ont été fatalement stériles.

L'exemple même de Marseille est significatif. Le projet de grands travaux qui avait été déposé en 1901, par M. Pierre Baudin, comportait une somme de 34 millions pour amélioration du port de Marseille et une autre de 91 millions pour la construction du canal de Marseille au Rhône, sans parler de 6 millions pour améliorer la navigabilité de ce fleuve.

Le Sénat a rayé 60 millions sur ces divers crédits et cela a encore retardé le commencement des travaux. Les quelques millions qui ont été définitivement votés permettaient cependant d'entreprendre ces travaux, d'autant plus aisément que la Chambre de commerce de Marseille aidée du Conseil général et de la Municipalité avait offert une subvention de 35 500 000 francs.

« Les questions de transport, disait le président du huitième Congrès international de navigation, sont

pourtant des questions vitales. L'idéal serait que l'usine eût à sa portée, à la fois les matières premières et le combustible dont elle a besoin. Or il en est rarement ainsi. Presque toujours il faut ou que le minerai aille trouver la houille, ou que la houille aille joindre le minerai. Ces déplacements peuvent être comparés à des pertes de force dans les rouages d'une machine. Il faut qu'ils ne coûtent presque rien. Dans cet ordre d'idées, le bateau est un élément essentiel de l'outillage industriel. »

Ajoutons que les tarifs de la navigation fluviale peuvent s'abaisser jusqu'à 1/2 centime par tonne kilométrique, tandis qu'à 3 centimes (c'est le prix de faveur accordé par la Compagnie P.-L.-M. aux céréales entre Genève et Marseille) le transport par voie ferrée entraîne déjà une perte.

D'autres causes encore ont ralenti le développement de Marseille. Il est impossible de méconnaître que le vent de protectionnisme qui souffle depuis 1892 sur notre pays est pour beaucoup dans les changements de direction qui se sont faits sur Gênes, sur Trieste, sur Fiume, au fond de l'Adriatique.

Le protectionnisme s'est traduit sous des formes diverses, par exemple sous la forme de restrictions apportées aux admissions temporaires, qui ont été nuisibles au commerce des céréales et des farines.

Les interdictions de manutentionner en entrepôt sont une grande gêne pour le commerce d'exportation des vins.

On ne s'est même pas décidé à essayer l'ingénieux système des *magasins-cales*, dont il avait déjà été parlé au Congrès de navigation de Bruxelles, il y a quelques années. Ces magasins situés sur les quais sont considérés par la douane comme un prolongement du navire, comme sa cale même, de telle sorte que *dès la remise du manifeste* la cargaison y est débarquée et le navire

peut rapidement reprendre la mer. Les formalités douanières ont lieu plus tard.

La plupart des Marseillais sont aussi convaincus que Marseille trouverait grand profit à devenir port franc.

On a beaucoup écrit pour et contre les ports francs. Je suis persuadé que les ports francs sont particulièrement utiles dans les pays où s'est accentué le protectionnisme. Toutes les nations commerçantes qui font du protectionnisme ont accepté le correctif des ports francs.

Seule la France n'en possède pas au moment où elle en aurait le plus besoin.

Marseille, si l'on veut faire un essai, a des titres particuliers à faire valoir.

Colbert l'avait bien compris en érigeant Marseille en port franc. Le port franc ouvrirait à l'exportation marseillaise un aliment qui actuellement lui fait défaut; il lui permettrait de prendre part à un commerce qui est en partie accaparé par les Allemands, les Anglais, les Américains. Il y a quatre-vingt-dix ans qu'on se préoccupe de cette question. Elle est agitée depuis 1817!

« Un quartier franc à Marseille, disait une pétition de cette époque, ferait de notre ville une foire perpétuelle, appellerait une foule de commerçants qui auraient dans le quartier franc des magasins pour leurs relations avec le dehors et dans la ville des établissements pour leurs transactions avec la France. »

On se plaint beaucoup aussi à Marseille de l'organisation imparfaite de nos chemins de fer, de l'insuffisance du personnel, du matériel de traction, du matériel roulant, des bâches, des voies de triage, des quais couverts.

Le récent rapport de M. Agelasto, président de la Chambre syndicale des minotiers, montre combien ces insuffisances occasionnent de pertes, d'avaries, de retards. Elles ont d'ailleurs obligé la Compagnie P.-L.-M. à payer cette année de grosses indemnités.

D'une façon générale nos tarifs sont très élevés.

Dans une remarquable communication présentée il y a quelques mois à la Fédération des industriels et des commerçants français, M. Michel Guilland a montré comment des produits expédiés d'Algérie à Dijon, produits qui devraient normalement passer par Marseille, ont avantage à filer par Gibraltar, à contourner les côtes de France et à remonter la Seine, faisant ainsi 3000 kilomètres par eau plutôt que 545 kilomètres sur terre.

Le savon de Marseille vient à Rouen pour 19 francs, en faisant le tour de l'Espagne. Le transport coûte 40 francs s'il prend la voie directe. Les cotons que la Suisse achète dans nos colonies africaines pour alimenter ses importantes fabriques, lui arrivent moyennant 30 francs la tonne en passant par Gênes et le Saint-Gothard. Par Marseille et la Compagnie P.-L.-M., le prix n'est jamais inférieur à 45 francs.

Cet état de choses est d'autant plus fâcheux pour nous que Marseille était une ville d'intermédiaires, une ville où abondaient les grandes maisons de commission qui achetaient des chargements entiers pour les revendre par portions morcelées, soit en France, soit à l'étranger.

Ce mode d'activité, jadis si rémunérateur, est en quelque sorte paralysé et la difficulté a été encore accrue par ces habitudes nouvelles qui poussent les clients à s'adresser directement au producteur, et aussi par les efforts que font les producteurs pour vendre directement aux consommateurs, afin de réaliser par la suppression des intermédiaires, les économies qui leur permettent de lutter contre leurs concurrents.

Le percement du tunnel du Simplon, bien qu'il n'ait pas la même importance que celui du Saint-Gothard, est loin d'être favorable à Marseille.

Nous nous sommes d'ailleurs mal armés en vue d'un raccordement convenable avec ce tunnel.

De tous les projets mis en avant, il n'en est pas un qui soit satisfaisant pour Marseille. Et il est permis de penser qu'après le percement du Loetschberg, le percement du Simplon détournera forcément un trafic d'une certaine importance.

Ce n'est pas seulement l'organisation de nos voies ferrées et de nos voies fluviales qui est imparfaite, c'est aussi toute notre législation maritime qui est défavorable à l'accroissement de l'activité de nos ports. Elle impose à nos armateurs des charges énormes.

Anglais et Allemands, pour ne citer que ces deux peuples, ont fait plus que nous pour favoriser leur marine marchande. En Angleterre celle-ci bénéficie de subventions postales considérables. En Allemagne elle trouve un fret abondant, des matières lourdes et des produits manufacturés de toute sorte, sans parler d'une autre sorte de marchandise, la marchandise humaine, les émigrants, qui bénéficient de tarifs de faveur, lorsque, venus d'un point quelconque de l'Europe centrale, ils viennent s'embarquer à Brême ou à Hambourg.

Aussi bien, l'empereur Guillaume II attache une grande importance aux questions maritimes. « Notre avenir est sur l'eau », a-t-il dit un jour. Et quand un souverain aussi actif, aussi énergique, prononce une semblable formule, on peut être assuré qu'il fera tout son possible pour qu'elle devienne une réalité.

A toutes les difficultés dont je viens de présenter le tableau en raccourci, il n'est pas facile de proposer immédiatement un remède.

Il me semble que la première chose à faire serait de rendre plus faciles les communications entre Marseille et son *Hinterland*.

Les Français doivent faire à cet égard ce qu'ont fait les Allemands, les Hollandais et aussi les Belges. Vous avez très bien compris la nécessité de rappro-

cher le plus possible la mer des régions intérieures. Et cela a puissamment contribué au développement économique à la fois du pays et des ports. Vous avez compris l'importance des voies navigables. Vous estimez que ce n'est pas une erreur de dépenser quelques millions pour améliorer le cours de vos rivières ou pour construire des canaux.

En France, dans le bassin de la Seine, dans celui de la Saône, nous avons un réseau de canaux convenablement agencé. Et le canal de la Marne à la Saône, qui vient d'être achevé après une longue et très fâcheuse période d'interruption, pourra rendre beaucoup de services. Mais, pratiquement, notre réseau intérieur se termine à Lyon. Pratiquement, le Rhône ne sert à peu près à rien. Il ne le réunit ni à Marseille, ni même à la mer.

Les ingénieurs ont fait ce qu'ils ont pu avec l'argent mis à leur disposition pour créer un chenal navigable dans le lit du fleuve, mais les difficultés sont telles (surtout à la remonte) que les transports entre Marseille et Lyon doivent se faire presque tous par wagons. On va relier Marseille au Rhône, c'est quelque chose, mais le problème ne sera résolu qu'à moitié. Les résultats seront minces si l'on ne se décide pas à améliorer le fleuve lui-même ou à construire un canal latéral à grande section qui pourrait en même temps servir soit à l'irrigation de régions assez arides, soit à l'établissement d'usines auxquelles la force motrice ne ferait pas défaut.

Avec les moyens que les ingénieurs ont aujourd'hui à leur disposition, notamment avec les roues hydrauliques, la régularisation du cours du Rhône n'est pas un problème insoluble.

Le Rhône a 160 mètres de pente de Lyon à la mer. Il faut le transformer en un vaste escalier hydraulique, pourvu à chaque échelon d'une puissante usine.

Une partie de la force qu'il peut fournir pourrait être

employée à élever l'eau et à arroser les régions si arides de Nîmes et de Montpellier. Il s'agit en somme, tout à la fois, d'améliorer la navigation, de favoriser l'irrigation, de créer des forces industrielles, de rendre un peu de prospérité à des contrées cruellement éprouvées.

L'œuvre à accomplir est considérable par l'importance des travaux, mais elle est considérable aussi par la grandeur des résultats. On a parlé d'une dépense de 400 millions ! Mais cette somme ne semble pas disproportionnée au résultat à obtenir.

Les statisticiens nous assurent que depuis quelques années la France a prêté aux nations voisines plus de 30 milliards. Les placements à l'étranger peuvent avoir leur utilité. Mais ce serait faire œuvre plus sage et plus patriotique que d'employer une partie de l'épargne nationale à féconder le pays lui-même, surtout quand elle peut y trouver une rémunération avantageuse.

La vallée du Rhône pourrait être d'autant plus aisément enrichie par l'industrie qu'elle est à proximité de ce magnifique rempart des Alpes où à défaut de houille nous avons en abondance une force motrice encore à peine utilisée, la houille blanche. Les Alpes et le Jura d'un côté, les Cévennes de l'autre, tiennent en réserve des forces considérables (on les évalue à 250 000 chevaux-vapeur au moins) dont l'utilisation aurait pour l'avenir de notre pays une importance de premier ordre. Le long couloir formé par les vallées de la Saône et du Rhône pourrait se remplir d'usines et de fabriques qui contribueraient à assurer à Marseille le « fret » qui lui fait défaut.

Les derniers rapports de la Chambre de commerce constatent avec tristesse qu'on ne peut plus dire maintenant de Marseille que c'est un port de *transit*. La majeure partie de son trafic est alimentée par le commerce et l'industrie *de la localité*.

Le creusement du canal du Rhône à Marseille (fig. 3) permettra d'autres espérances.

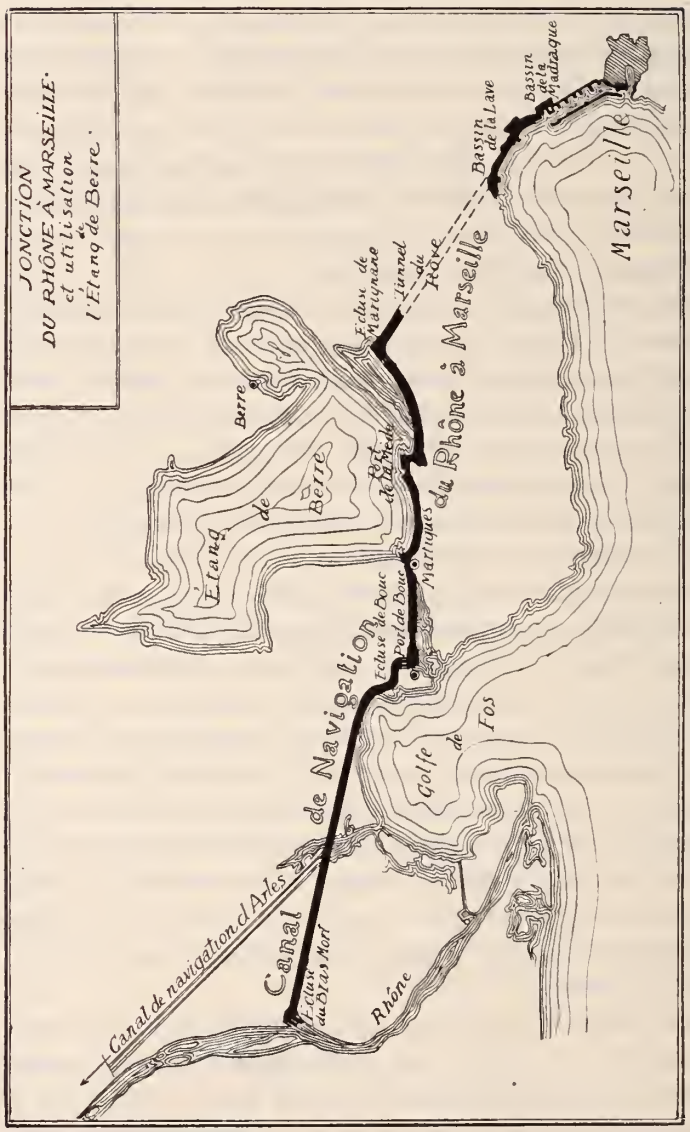


Fig. 3. — Tracé du canal de navigation du Rhône à Marseille

Marseille manque aujourd'hui d'emplacements convenables pour l'agrandissement de son port; les terrains qui avoisinent les bassins actuels sont fort chers, il faut réserver de la place aux usines et aux fabriques. Celles-ci trouveraient un emplacement très favorable sur les rives du vaste étang de Berre, cette admirable mer intérieure dont nous n'avons jusqu'ici tiré aucun parti. Ces rives sont aujourd'hui en grande partie désertes! Une vaste banlieue industrielle pourrait s'y créer. Ce magnifique bassin serait ainsi une sorte d'annexe du port de Marseille proprement dit.

Les industries qui se créeraient auprès de l'étang de Berre ne feraient aucun tort à celles de la ville; elles contribueraient plutôt à leur donner un surcroît d'intensité; et l'installation d'une partie de la population ouvrière à quelques kilomètres de Marseille offrirait à tous égards de grands avantages...

Le canal de Marseille au Rhône est enfin entré dans la période d'exécution. Le président de la République a posé la première pierre au mois de septembre dernier. Les travaux à exécuter du côté de l'étang de Berre ont été mis en adjudication. On va commencer incessamment le percement du tunnel du Rove, à travers la chaîne de l'Estaque.

En même temps la Chambre de commerce de Marseille s'est décidée à de nouveaux efforts pour améliorer l'outillage maritime, dans ses principales variétés.

Les Marseillais ont d'ailleurs à leur tête une élite intelligente, énergique, qui a conscience des difficultés qu'il s'agit de vaincre et est résolue à trouver une solution. Ils sauront se montrer les dignes héritiers de leurs vaillants devanciers qui ont donné tant de preuves de hardiesse et de persévérance.

Ils ont organisé l'an dernier une magnifique exposition qui a fait l'admiration de tous ceux qui l'ont visitée, qui a été comme une indication du rôle que Marseille

peut ambitionner, qui a montré à quel point Marseille est un trait d'union entre la France métropolitaine et ses possessions d'outre-mer.

A Marseille on comprend mieux que dans les autres villes de France que nous serions vite, avec nos faibles excédents de natalité, acculés à la nécessité d'être une puissance secondaire si nous ne cherchions pas des débouchés extérieurs.

Nos colonies nous sont infiniment précieuses à cet égard. Elles nous sont de plus en plus indispensables! C'est par notre empire colonial que nous pouvons rester une grande nation. Nos colonies sont pour nous l'espoir et la réserve de l'avenir.

En parlant du port de Marseille, j'ai été ainsi amené à aborder quelques-uns des problèmes les plus angoissants qui se posent aujourd'hui à notre patriotisme. Puissé-je vous avoir aidé à mieux comprendre ce que la cinquième section de la Société Scientifique, à laquelle j'ai été heureux de pouvoir apporter mon modeste concours, a appelé : *la fonction économique* des ports!

Permettez-moi de vous féliciter, en terminant, des efforts que vous faites pour donner à votre pays, si vivant, si laborieux et qui s'adapte si bien aux exigences de la vie économique contemporaine, une plus grande place dans le monde.

Vous êtes, dans le concert des nations qui semblent entraînées avec une rapidité vertigineuse vers un avenir nouveau, l'un des peuples qui précipitent le plus leurs pas. Et vous devenez, vous aussi, une nation maritime! C'est de tout cœur que je vous souhaite de recueillir abondamment le fruit de vos efforts au cours du siècle, fécond peut-être en surprises, qui vient de s'ouvrir.

G. Blondel.

LE GRISOU [1]

III. — Rôle de l'aérage

Nous avons vu que le grisou qui se dégage spontanément dans les mines, peut produire l'asphyxie. Il doit pour cela se trouver mélangé à l'air dans une proportion d'environ 30 p. c. Mais l'atmosphère grisouteuse devient dangereuse à une teneur bien inférieure, 6 p. c.; elle détone alors, si elle vient à se trouver en contact durant un temps suffisant avec un corps à haute température.

Placer les travailleurs dans une atmosphère où ils courraient à chaque instant le danger de périr par suite d'une explosion, est chose inadmissible, alors même que l'on accumulerait toutes les précautions pour éloigner de la mine tout objet capable de provoquer l'inflammation du grisou. Il ne doit donc jamais exister en un point quelconque des exploitations, une atmosphère contenant environ 6 p. c. de grisou. De fait, dans les travaux bien conduits, la teneur en grisou est toujours faible. Certains règlements français tolèrent au maximum un demi pour cent; ailleurs, cette limite varie avec les caractères des couches de houille.

Comment arrive-t-on à réaliser ce desideratum? C'est ce que nous allons examiner.

Exceptionnellement, on capte le grisou et on le

(1) Voir la Revue des Quest. scientif., avril 1907, pp. 511-548.

conduit par tuyaux à la surface, où on peut l'utiliser pour diverses applications : éclairage, chauffage ou recherches expérimentales. Cela ne se pratique que pour des dégagements localisés, des soufflards, qui auraient sans cela infesté les travaux. Plus rarement, comme c'est le cas à Frameries pour la prise alimentant le laboratoire d'essai de l'Administration des mines, on a canalisé un dégagement de grisou provenant d'un quartier de la mine abandonné, dont on a obturé les issues par des serrements ou barrages en maçonnerie (1).

Mais, nous l'avons vu, le dégagement du grisou se fait surtout de façon continue, et en une infinité de points, partout où la houille se trouve en contact avec l'atmosphère de la mine. Empêcher l'épanchement du gaz inflammable dans l'atmosphère est chose irréalisable. Il faut donc se borner à le rendre inoffensif.

Le principal composé combustible du grisou, le méthane, appartient à la série des paraffines ainsi nommées en raison de leurs faibles affinités chimiques. Il ne faut donc pas s'étonner de l'insuccès constant des diverses tentatives faites pour purifier l'atmosphère des charbonnages en fixant ou en condensant le grisou à l'aide de réactifs. Le chlorure de chaux proposé par l'Anglais Fincham, se combine bien avec le grisou, mais seulement sous l'influence d'un agent qui fait absolument défaut dans les mines, la lumière solaire. La combinaison avec l'oxygène, réalisée par la combustion du grisou dans l'air, est facile à obtenir, et, de fait, on l'utilisa longtemps. C'est ainsi que dans les houillères saxonnes, on suspendait au faîte des exploitations des lampes éternelles, destinées à brûler le grisou qui s'y dégageait. Mais l'effet utile de ces lampes était mince, et leur présence constituait une source perpétuelle de

(1) Cf. Watteyne, Stassart et Denoel, Ann. des Mines de Belgique, t. VII, 1902, p. 1009.

danger. Dans la plupart des anciens charbonnages, on eut longtemps recours à un procédé plus barbare : la promenade du pénitent. Avant la reprise du travail, un homme amplement couvert de vêtements mouillés parcourait les galeries et les tailles, une torche à la main, pour mettre le feu aux amas de grisou formés çà et là dans les parties élevées. Nous n'essayerons pas de peindre les émotions et les angoisses de cet infernal métier; il a disparu depuis longtemps, non sans avoir fait, sans doute, bien des victimes. Lampes éternelles et pénitents seraient d'ailleurs impuissants à combattre le dégagement de gaz au sein de nos mines modernes plus vastes et plus profondes.

Le moyen pratique et efficace d'empêcher l'accumulation du grisou, le seul qu'ait sanctionné l'expérience, est sa dilution dans un volume d'air suffisant. Il faut, disaient, dès le XVIIIe siècle, les mineurs d'Anzin, « noyer le grisou dans l'air ». Tel est le rôle de l'aérage. On introduit de façon continue dans les travaux souterrains un cube d'air proportionné au volume de grisou dégagé, et l'on expulse sous la poussée de cet air frais l'air vicié de la mine. Du même coup on purge les travaux d'autres gaz irrespirables ou toxiques tels que l'anhydride carbonique, l'acide sulfhydrique, qui se dégagent naturellement des roches, ou qui sont la conséquence inévitable de la présence de l'homme et des animaux, de l'emploi des lampes et des explosifs, etc.

En outre, grâce à l'aérage, l'atmosphère de la mine se trouve rafraîchie. Ce fait est surtout important aux grandes profondeurs, 1000 mètres et plus, atteintes aujourd'hui par plusieurs charbonnages belges. En effet, en raison du degré géothermique, les roches mises à nu dans ces travaux se trouvent à des températures qui atteignent et dépassent même 30 à 40 degrés centigrades.

Assurer la ventilation d'une mine soulève des problèmes délicats, surtout si l'on s'attache, comme il est de règle, à réaliser l'installation à la fois la plus économique et la plus efficace. Il s'agit, en effet, de faire circuler par des galeries plus ou moins étroites, mais dont le développement atteint souvent plusieurs kilomètres, un cube d'air qui, voisin dans beaucoup de cas de 20 à 25 mètres cubes par seconde, s'élève souvent à 50, parfois même 100 mètres cubes.

La solution du problème dépend, tout d'abord, des moyens mécaniques dont on dispose pour assurer cette circulation de l'air.

Anciennement, on utilisait souvent l'aérage naturel en plaçant, à des altitudes différentes, les points d'entrée et de sortie du courant. Il s'établissait ainsi un tirage plus ou moins actif.

Cette disposition ne se rencontre plus aujourd'hui que dans des charbonnages de faible importance, peu profonds et partant non grisouteux. Personne ne s'en étonnera : L'aérage naturel varie, en effet, non seulement d'intensité, mais de sens suivant les conditions météorologiques, et cesse parfois complètement.

Certaines mines utilisent aujourd'hui encore, en Angleterre notamment, une disposition peu différente en principe de l'aérage naturel, et qui était en honneur dans nos mines wallonnes aux siècles précédents : c'est le système des foyers ou du toque feu. Nos pères se bornaient à descendre dans le puits de retour d'air un panier de fer rempli de charbon incandescent. Le tirage se trouvait ainsi amorcé, puis soutenu, grâce à l'échauffement de l'air, et la ventilation de la mine en était la conséquence. Substituez à cette sorte de brasero une grille de large surface, placez-la dans un endroit où vous pouvez l'alimenter d'air pur, détournez enfin les fumées et les gaz chauds vers le retour d'air de la mine et vous aurez réalisé la variante la plus perfectionnée

de ce système. Il n'est pas exempt de danger s'il exige la présence d'un foyer découvert là où pourrait se créer une atmosphère explosive; mais il n'en est pas moins très efficace, dans certains cas particuliers. Il faut s'abstenir de le condamner *à priori*, mais, dans chaque cas, examiner de près les conditions spéciales de son application.

Je passe sous silence diverses dispositions analogues, notamment les éjecteurs, pour en arriver immédiatement au système le plus en honneur aujourd'hui, celui des pompes à vent.

Elles furent d'abord à mouvement alternatif, et plus ou moins copiées sur les pompes à vapeur servant à l'épuisement des eaux. Mais bientôt les constructeurs s'engagèrent dans des voies nouvelles, et après avoir essayé des machines rotatives à capacité invariable ou volumogènes, telles que le ventilateur Fabry, ils imaginèrent les pompes centrifuges à vent, ou ventilateurs proprement dits. Ces machines, universellement employées aujourd'hui, sont de véritables monstres si on les compare aux pompes centrifuges à eau.

La technique des ventilateurs s'est beaucoup perfectionnée durant les vingt-cinq dernières années du siècle écoulé. Grâce à une étude attentive de la « physiologie » de ces machines, on a pu leur faire produire sans cesse plus et mieux. Parmi les savants qui ont contribué largement à la solution de ce problème si délicat et, sur certains points, si obscur encore aujourd'hui, il faut citer, en toute première place, et pour nous en tenir aux morts, deux Belges, deux Borains, Guibal et Devillez. Le ventilateur connu sous le nom de Guibal, qui est si apprécié non seulement en Belgique, mais à l'étranger, fut leur œuvre commune. La sculpture s'est plu à nous le rappeler en représentant ces deux ingénieurs distingués dans l'attitude d'une discussion amicale sur la construction de la

célèbre machine. Ce bronze décore aujourd'hui l'entrée de l'École des Mines de Mons.

C'est donc l'aspiration ou plus rarement la compression produite par un ventilateur centrifuge — les types en sont très nombreux — qui fait circuler l'air dans la mine. Les règlements miniers ont formellement consacré cette pratique en ce qui concerne les mines nettement grisouteuses.

Cette circulation de l'air est évidemment contrariée par des résistances de toutes sortes : frottement contre les parois, coudes, obstacles de toute nature. Mais l'étude de l'aérage proprement dit a marché de pair avec celle des ventilateurs, et on a réalisé en ce genre et rapidement des progrès très considérables. Il fut toutefois malaisé, au début, de convaincre les exploitants de l'importance de la technique nouvelle et de leur persuader que le creusement à grande section de toutes les voies, ou au moins des voies principales et des puits, avait une influence capitale sur l'amélioration de l'aérage. En même temps le principe de la division du courant d'air fut introduit et se substitua à la ventilation de toute la mine par courant unique.

En dépit de ces progrès très réels, il ne reste pas moins vrai que la bonne marche de l'aérage dépend des soins constants qu'on y apporte. Il faut s'attacher à réduire au minimum la résistance de chacune des dérivations du courant d'air, afin de rendre minima la résistance même de la mine ; il faut modifier suivant les besoins la répartition du vent entre les divers chantiers; enfin, il faut veiller à supprimer les pertes.

Aussi procède-t-on, comme nous le verrons bientôt, à des contrôles périodiques et fréquents.

Le détail de l'aménagement de l'aérage dépend de facteurs très nombreux et se trouve en relation étroite avec les méthodes d'exploitation. Ne pouvant entrer dans un examen détaillé, je me bornerai à dire qu'il en

est de l'aérage comme de toute distribution. Il existe deux maîtresses conduites, l'une d'aller, l'autre de retour : L'air entre dans la mine par un puits, et en sort par un autre. Chaque chantier représente un circuit secondaire branché plus ou moins directement sur les puits. Il est de règle que l'air pénètre par la partie la plus basse du chantier et s'y élève graduellement jusqu'à atteindre le puits de retour. Ce n'est que dans le cas de dégagements très faibles que l'on tolère, en Belgique, une descente du courant d'air dans les voies du chantier. La précaution paraît s'imposer si l'on se souvient de la faible densité et du médiocre pouvoir diffusif du grisou.

En outre, on dispose les choses de façon que la plus grande quantité d'air passe, et toujours ascensionnellement, par le front de taille, siège le plus important de dégagement du gaz, et balaie toutes les anfractuosités de la couche de houille.

On veille également à ce qu'il ne se produise pas, notamment au ciel des galeries, des accumulations de grisou.

Dans une mine bien conduite, la teneur en grisou du retour d'air ne devra jamais dépasser un taux déterminé, que certains règlements français, avons-nous dit, fixent à un demi pour cent.

Or on sait que la quantité d'air que peut débiter un ventilateur dépend non seulement des résistances de la mine, mais encore de ses dimensions et de son type.

On conçoit d'autre part que les exploitants suivent, dans la plupart des cas, la tendance toute naturelle de faire débiter à leur machine la plus grande quantité d'air possible, afin de pouvoir développer autant que faire se peut les travaux. Il faudra donc, l'afflux d'air étant constant, prendre toutes les dispositions nécessaires pour régulariser le dégagement du grisou, ou encore

adopter normalement un taux inférieur à la limite assignée, afin de ne pas la voir dépassée en cas de dégagement exceptionnellement abondant.

Nous avons vu que le dégagement direct et lent du grisou est relativement régulier (1). Il n'offre donc pas grand intérêt ici. Dans le cas de couches très grisouteuses, on limite cependant l'abatage, qui est en rapport direct avec le dégagement. Ce sont surtout les gisements secondaires et particulièrement les gisements secondaires artificiels qui, sous l'influence de dépressions barométriques brusques et accentuées, peuvent déverser dans le courant d'air une quantité considérable de gaz inflammable. On en réduit autant que faire se peut l'importance par un remblayage soigné. En outre, lorsque la chose est possible, on les isole par des serrements ou barrages appropriés; au besoin, on renforce la ventilation des chantiers qu'ils pourraient infester, et on prend des mesures particulièrement rigoureuses pour en écarter toute cause d'inflammation.

Pour ce qui est des dégagements instantanés, il faudra chercher à en empêcher la production. En thèse générale, on abaisse à cet effet la tension du grisou dans la veine en la saignant progressivement. Tout d'abord, et comme dans les couches très grisouteuses, mais non sujettes aux dégagements brusques, on limite ici l'avancement, afin de donner à la houille fraîchement découverte le temps de « suer » son grisou. Les règlements miniers prescrivent, en outre, de faire précéder le front d'abatage d'un certain nombre de trous de sonde qui drainent le grisou et facilitent son évacuation. L'efficacité des sondages a parfois été contestée. On cite nombre de cas où ils n'ont pas empêché la production d'un dégagement brusque à l'endroit même où ils avaient été forés. C'est

(1) Toutefois il peut être très important, et souvent sujet à variations.

que d'une part, les zones dangereuses sont, comme nous l'avons vu (1), très localisées, et que, d'autre part, l'action du sondage est très locale. Il semble cependant hors de doute que cette précaution soit en général efficace. Mais on ne possède aucun chiffre à opposer aux détracteurs du système, car il serait très difficile, sinon impossible, de dire quel est le nombre d'accidents que le sondage a effectivement empêchés de se produire.

Enfin, certains recommandent de disposer les tailles de manière à enlever la couche par bandes horizontales de faible hauteur, la taille supérieure se trouvant toujours en avance sur la taille immédiatement inférieure. De la sorte, on permet à la faible densité du grisou de manifester son influence et d'accentuer le drainage. Cette action, se produisant en masse, serait plus efficace que celle des sondages. Il en est de même dans la méthode plus radicale encore des gradins droits. Les chiffres que l'on a produits dans quelques cas particuliers ont ici une signification précise. Car on aurait constaté la suppression radicale de dégagements brusques (2), alors que la même couche exploitée par tailles renversées, et avec sondage intensif, avait donné lieu à de nombreux accidents.

Si l'on doit s'attacher à empêcher par tous les moyens possibles la production de dégagements brusques, c'est que la mise en liberté rapide d'énormes quantités de grisou bouleverse complétement l'aérage de la mine. On a d'ailleurs soin de faciliter l'évacuation de ces gaz en leur offrant des voies spacieuses et libres qui leur permettent de gagner le puits de retour sans influencer trop profondément la situation des autres chantiers. Mais pour les ouvriers qui se trouvent à l'endroit même où se produit l'accident, le danger ne provient pas seu-

(1) Revue des Quest. Scient., avril 1907, p. 538.

(2) Cf. Ann. des Mines de Belgique, t. VII, pp. 735-741; t. VIII, pp. 765-769.

lement du grisou. Le dégagement est en effet accompagné, avons-nous vu, de projections de charbon pulvérulent en quantités parfois énormes. Les travailleurs courent donc non seulement le risque d'asphyxie, mais le danger d'un ensevelissement. Aussi apportent-ils une attention de tous les instants à observer le travail de la veine, à se rendre compte des indices précurseurs d'un dégagement, afin de chercher le salut dans une retraite rapide. En combattant la production de dégagements brusques, on pare donc à de multiples dangers.

Telles sont à grands traits les règles de l'aérage des mines à grisou (1).

Il est naturel d'instituer un contrôle de l'aérage de manière à s'assurer que la quantité d'air entrant dans la mine est suffisante et s'y trouve judicieusement répartie. Dans nombre de mines westphaliennes, un surveillant spécial est chargé de déterminer le cube d'air passant par chaque chantier, d'évaluer sa teneur en grisou, et de veiller sur l'état et la disposition des portes obturatrices détournant le courant d'air dans certaines galeries, les vannes régulatrices, etc. Dans les mines françaises, la mesure journalière de la teneur en grisou des principaux retours d'air est imposée par les réglements (2). En Belgique, les prescriptions sont d'ordre général : elles interdisent une viciation trop grande de l'air, et chargent la surveillance de s'assurer de façon régulière et continuelle, de l'état de l'atmosphère.

Le contrôle porte sur deux points : le volume du courant d'air et la teneur en grisou. A vrai dire, la détermination du volume du courant est d'ordre général, et

(1) Je tiens à rappeler ici que cet exposé n'est qu'une esquisse. Le lecteur n'y cherchera donc pas la solution des cas multiples et variés de la pratique.

(2) Cf. notamment Chesneau, *L'Organisation actuelle de la grisoumétrie dans les Houillères françaises.* Congr. intern. des Mines, etc., Liége, 1905, pp. 165-198.

n'a d'intérêt immédiat dans la question du grisou que lorsqu'il s'agit d'évaluer les quantités de gaz inflammable emportées par la ventilation. Elle fournit néanmoins des bases d'appréciation très intéressantes. Aussi ces jaugeages sont-ils pratiqués sur une vaste échelle.

Mais, nous l'avons dit, ce qu'il faut surtout éviter, c'est la formation en un point quelconque de la mine d'une atmosphère contenant une quantité trop grande de grisou.

Nombreux sont les appareils que l'on a imaginés pour déceler la présence du grisou. Au lendemain de chaque catastrophe, les journaux ne manquent pas de nous apporter le fruit des méditations de quelque inventeur qui semble croire naïvement que l'étude du grisou est une question neuve. Certains ouvrages de vulgarisation, sans exclure quelques traités de physique, s'éternisent d'ailleurs à présenter comme réalisant le summum de la perfection, divers appareils qui ne sont que des curiosités de laboratoire, tels l'appareil d'Ansell, basé sur l'endosmose du grisou à travers une plaque poreuse, l'indicateur acoustique de Forbes et le forménophone de Hardy, que M. le professeur Brookmann considère avec raison comme convenant spécialement... aux conservatoires de musique.

En fait, les grisoumètres les plus couramment employés sont des lampes, et le plus souvent les lampes mêmes qui servent à l'éclairage des travaux souterrains.

Est-il nécessaire de faire ressortir combien cette solution est grosse de conséquences ? Tout ouvrier a en mains le moyen de contrôler le bon état de l'atmosphère dans laquelle il travaille. Ne possède-t-il pas les notions élémentaires nécessaires à cette vérification ? Son surveillant tout au moins pourra toujours, de façon

rapide et commode, exécuter la mission dont le charge le règlement.

La découverte du grisou à l'aide d'une lampe est des plus simples. La combustion du mélange grisouteux, avons-nous vu (1), se propage dans toute la masse lorsque la teneur en grisou est d'environ 6 p. c. Plongez la lampe dans l'atmosphère à explorer. Si la teneur est de 6 p. c., la lampe tout entière va s'emplir d'une flamme bleue, fugace, voltigeante; toutefois, grâce à la construction de la lampe, sur laquelle je reviendrai bientôt, l'explosion ne se propagera pas au dehors.

Mais il y a plus. Le grisou mélangé à l'air en quantité inférieure à 6 p. c., brûle néanmoins au contact d'une flamme, mais la combustion se trouve limitée à une zone assez étroite, dont l'importance dépend d'une part de la quantité de grisou et, d'autre part, de la température de la flamme. Si donc la lampe se trouve plongée dans une atmosphère faiblement grisouteuse, les effets de combustion s'additionnant, sa flamme s'allongera. Si l'on réduit alors la flamme de la lampe à n'être plus qu'un point lumineux, on aperçoit au-dessus de cette première flamme une seconde flamme bleuâtre ou blanchâtre, plus ou moins fugace, due à la combustion du grisou. Les mineurs l'ont nommée l'auréole.

On conçoit que pour un même type de lampe, dont les dimensions sont parfaitement définies, et qui se trouve alimentée par un combustible spécial, les qualités de la flamme de la lampe soient constantes pour un réglage déterminé. Dans ces conditions, la hauteur de l'auréole n'est plus fonction que de la quantité de grisou contenue dans l'air à examiner et l'on peut, pour chaque type de lampe, dresser un tableau indiquant la relation entre la hauteur de l'auréole et la teneur en grisou.

(1) Revue des Quest. scient., avril 1907, p. 515.

La simple inspection de la flamme d'une lampe suffit donc non seulement pour déceler la présence de grisou, mais encore pour évaluer, avec une certaine approximation, la teneur en gaz inflammable.

Le lecteur sera complètement édifié sur ce sujet lorsque j'aurai rappelé le degré d'approximation que les diverses lampes permettent d'apporter dans ces mesures.

Les praticiens admettent généralement que la lampe alimentée à l'huile végétale, telle la lampe Mueseleer, marque à petit feu à partir d'une teneur de 2 à 2,5 p. c. Mais, ainsi qu'on l'a fait justement observer, sa sensibilité est plus grande encore à flamme éclairante, lorsque l'on règle celle-ci dans l'air pur au point où elle va commencer à fumer (1).

Les lampes à benzine, par exemple la lampe Woolf, indiquent à petit feu des teneurs de moins de 1 p. c.

Ce sont là des lampes ordinaires. Pour les recherches spéciales, on se sert de lampes à flamme plus chaude encore, telles la lampe à hydrogène de Clowes, peu portative, et la lampe à alcool de M. Chesneau, très répandue en France. Cette dernière est sensible, d'après son inventeur, à partir de 0,1 p. c. de grisou et permet une approximation de 0,2 p. c., voire même 0,1 p. c. dans l'évaluation de la teneur (2).

A côté de ces grisoumètres portatifs, permettant un dosage instantané, il en est d'autres dont l'emploi est réservé au laboratoire. En France, on utilise spécialement l'éprouvette eudiométrique Coquillon-Lechatelier, ou encore l'éprouvette Lechatelier ou l'appareil Lebreton dans la méthode Shaw des limites d'inflammabilité. L'approximation obtenue est d'environ 0,1 p. c. (3).

(1) Cf. Lechatelier, *Le Grisou*, p. 115. La lampe marquerait dans ce cas à partir de 0,5 p. c.

(2) Cf. Chesneau, *op. cit.*

(3) Pour les détails voyez Chesneau, *op. cit.*, et Lechatelier, *Le Grisou*.

Elle serait de 0,02 p. c. avec l'appareil Schondorff-Broockmann utilisé en Westphalie (1).

Ces appareils de laboratoire, dont l'invention remonte à moins d'une quinzaine d'années, servent à contrôler les indications des grisoumètres portatifs ou, encore, à faire des analyses très exactes.

Ils ont évidemment l'inconvénient de réclamer le transport assez délicat de prises d'essai plus ou moins volumineuses et toujours locales; néanmoins, grâce à l'ingéniosité des constructeurs, ces inconvénients ont été considérablement réduits. On a d'ailleurs imaginé des autocapteurs fournissant une prise d'essai moyenne pour la journée (2).

Enfin, tout comme pour l'enregistrement de la dépression ou du volume fournis par les ventilateurs, on a réalisé des appareils mesurant à chaque instant la teneur en grisou du retour d'air général de la mine et traçant un diagramme de ces mesures.

On le voit, le contrôle de l'aérage a préoccupé vivement les spécialistes, et les résultats obtenus sont incontestablement des plus remarquables.

IV. — Dangers d'inflammation

Dans une mine normalement ventilée et surveillée avec soin, il ne devrait donc se rencontrer nulle part une atmosphère riche de plus de 0,5 à 2 p. c. de grisou suivant les cas. Mais la mine est un organisme très complexe, exposé à de multiples accidents. Eussions-nous constaté que sa situation est actuellement irréprochable, nous ne pourrions nous porter garants qu'il en sera encore de même dans quelques instants. Survienne

(1) Cf. *Die Entwicklung*, etc., op. cit. VI, pp. 58-64.
(2) Annales des Mines, 9e série, t. IX, p. 289. 1896.

une avarie au ventilateur, ou simplement un éboulement local dans une galerie, ou encore une manœuvre intempestive des portes dirigeant le courant d'air, et l'aérage pourra se trouver ralenti, voire même suspendu dans un ou plusieurs chantiers. D'autre part, une chute de charbon peut se produire, libérant une bouffée de grisou. Enfin l'homme est toujours sujet à des négligences ou à des erreurs : Un surveillant ou un simple travailleur pourrait, par erreur ou par négligence, compromettre gravement la ventilation des travaux. Ce sont là toutes éventualités non seulement possibles, mais toujours à craindre et quelques-unes d'entre elles se réalisent même fréquemment.

Obligés de les prévoir, nous ne pouvons donc considérer la ventilation comme une arme suffisante pour vaincre l'ennemi. Il faut faire plus et mieux : il faut empêcher aussi complètement que possible l'existence de toute cause capable de provoquer l'inflammation du grisou, quand, malgré nous, il nous envahit.

Les dangers d'inflammation résident surtout dans l'intérieur même de la mine et sont, comme nous le verrons, assez variés. Il est cependant des cas où il importe également d'approprier les installations de surface.

Dans les mines non sujettes aux dégagements brusques, ce n'est qu'aux environs du ventilateur que l'on pourrait rencontrer une atmosphère inflammable. Ce cas est exceptionnel et ne pourrait se produire qu'à la suite d'un afflux momentané et anormal de grisou.

Dans les charbonnages où les dégagements instantanés sont à craindre, il faut au contraire prévoir, outre la possibilité de l'existence d'une atmosphère inflammable auprès du puits d'aérage et du ventilateur, celle d'un renversement du courant d'air qui ferait refluer le grisou vers le puits d'extraction. Gagnant la surface par ce puits, le grisou peut alors venir s'enflammer, par exemple, à un brasero, comme ç'a été le

cas le 5 avril 1881, lors de la catastrophe qui détruisit le puits n° 6 des charbonnages de Marcinelle Nord.

Il faut alors prendre toutes les mesures nécessaires pour supprimer les feux nus aux abords des puits, ou, lorsqu'ils sont indispensables, pour les en écarter suffisamment. La découverte de l'éclairage électrique par incandescence a, sous ce rapport, permis d'améliorer grandement les installations de surface de mines à dégagements instantanés.

La solution du problème de la suppression des causes d'inflammation est beaucoup plus délicate en ce qui concerne les travaux souterrains.

La principale source de danger est ici l'emploi de lampes. C'est elle qui tout d'abord a retenu l'attention des chercheurs. Ce fut en 1815 que le physicien anglais Davy imagina la première lampe dite de sûreté, dont l'emploi devait conduire bientôt à l'interdiction complète de feux nus dans l'éclairage souterrain des mines grisouteuses.

Toutes les lampes alimentées à l'huile minérale ou végétale, actuellement en usage dans nos charbonnages, sont basées sur le principe découvert par Davy; principe utilisé d'ailleurs dans diverses autres applications industrielles, par exemple dans la construction des moteurs à gaz. Avant de l'exposer, je tiens à faire observer qu'il n'a nullement perdu de son intérêt en ce qui concerne l'éclairage des mines, à la suite de la construction de lampes électriques à incandescence portatives : ce sont, en effet, les lampes portatives qui doivent nous occuper. Les travaux de nos charbonnages sont beaucoup trop vastes et sujets à des modifications journalières trop importantes pour que l'on puisse songer à y établir un éclairage fixe ailleurs que sur certaines voies de grande communication. Or toutes les lampes électriques portatives imaginées jusqu'aujour-

d'hui sont à accumulateurs et ont, par conséquent, le grave défaut d'être très lourdes. En outre, elles n'inspirent pas une confiance suffisante à certains techniciens, qui leur reprochent d'être trop exposées à des dérangements graves. Enfin, ces lampes ont le défaut de ne pas être « grisoumétriques » et de ne pas même déceler la présence de gaz irrespirables. Il n'en faut pas davantage pour expliquer l'insuccès de ces appareils, réservés pour certains cas spéciaux, notamment pour les travaux de sauvetage. Revenons donc à la découverte de Davy.

Nous savons qu'une flamme nue introduite dans une atmosphère franchement grisouteuse, y provoque l'inflammation ou l'explosion de cette atmosphère tout entière. Mais si l'on a préalablement recouvert la flamme d'une enveloppe complète d'un tissu métallique à mailles suffisamment serrées, ce phénomène ne se produit plus. Ce tissu qui, normalement, permet à l'air de pénétrer dans la lampe et d'alimenter la flamme, et aux produits de la combustion de s'échapper, circonscrit l'explosion ou l'inflammation du grisou qui se produit au contact de la flamme à l'intérieur de la lampe. D'où vient aux toiles métalliques cette précieuse propriété? L'étude de la combustion de l'air chargé de grisou et de son mode de propagation à travers des tubes, va nous le dire.

Supposons que sur une conduite débitant un mélange explosif, artificiellement préparé, d'air et de grisou, nous branchions une série de tubes en verre d'une certaine longueur et de diamètres décroissants. Enflammons le mélange à l'extrémité libre des tubes et observons ce qui se passe. Nous constaterons que la vitesse de propagation de l'explosion à travers ces tubes est d'autant plus faible que leur diamètre est plus étroit. Bien plus, en dessous d'un certain diamètre, l'explosion pénètre dans le tube, mais s'y arrête bientôt; ici encore

il y a un rapport direct entre la longueur de pénétration de la flamme et le diamètre du tube. Enfin la pénétration est nulle avant que le diamètre du tube devienne lui-même nul.

Tous ces faits s'expliquent, si l'on se rappelle que la présence d'un corps froid exerce une influence très marquée sur la propagation d'une flamme : il la repousse. On peut en juger en regardant sous une incidence rasante une flamme écrasée par une surface plane froide, un carton d'asbeste, par exemple. On aperçoit, au contact du carton, une zone sombre dans laquelle ne se produit aucune combustion. L'épaisseur de cette zone peut, dans certains cas, atteindre un millimètre. Il en est de même si, au lieu d'un carton d'asbeste, nous écrasons la flamme à l'aide d'une toile métallique, ainsi que cela se pratique journellement dans les laboratoires de chimie (1). C'est que la toile métallique peut être considérée comme formée par la juxtaposition d'un très grand nombre de tubes de faible longueur sans doute, mais aussi de très faible diamètre. Or, nous venons de le rappeler, la flamme refuse de pénétrer dans un tel tube, parce qu'elle s'y trouve trop fortement refroidie au contact des parois. On conçoit donc qu'en combinant convenablement la grosseur du fil employé pour la confection de la toile et le nombre de ses mailles par centimètre carré, c'est-à-dire la longueur et le diamètre des tubes élémentaires, on puisse obtenir une toile empêchant efficacement la propagation d'une inflammation ou d'une explosion (2).

La nature du métal joue toutefois un rôle important dans la résistance des toiles. Il arrive, en effet, que la combustion du grisou, sans se propager à l'extérieur,

(1) Il est à remarquer que ce cas n'est pas absolument identique à celui des lampes de sûreté,

(2) Voir pour chiffres et détails, par exemple, Le Chatelier, *Le Grisou*, pp. 55-67.

se continue à l'intérieur de la lampe. La toile se trouve alors fortement chauffée. Dans ces conditions, le cuivre et le laiton fondent, et il en est de même de certaines toiles en fil de fer de mauvaise qualité (1). La toile détruite, la sûreté de la lampe disparaît. Enfin, sous l'influence des courants d'air violents, qui existent parfois dans les mines, la flamme peut traverser directement la toile, surtout si l'action refroidissante de celle-ci se trouve diminuée par l'échauffement dû à la combustion du grisou (2).

La lampe Davy s'est, pour ces diverses raisons, trouvée souvent en défaut, malgré l'exactitude du principe sur lequel est basée sa construction. Il faut remarquer, en outre, que dans son type primitif cette lampe est peu pratique. La toile métallique en forme de coiffe cylindrique qui en recouvre la flamme, constitue un écran qui absorbe une très grande partie de la lumière. Aussi imagina-t-on bientôt d'interposer entre le pot de la lampe et cette coiffe métallique un anneau cylindrique en verre.

Perfectionnement est souvent synonyme de complication. Ce fut le cas ici. L'introduction d'un élément aussi fragile qu'un verre de lampe, susceptible de bris sous l'influence de la chaleur, devait entraîner plus d'un mécompte et provoquer des recherches nombreuses. On ne tarda pas d'ailleurs à s'apercevoir qu'une étude expérimentale était nécessaire pour en arriver à définir les qualités respectives des divers types de lampes proposés et vérifier le bien fondé des appréhensions des exploitants sur la valeur de certains types.

C'est ainsi qu'en Belgique diverses commissions officielles procédèrent à des essais, en 1838-1839 d'abord,

(1) Watteyne et Stassart, *Expériences sur les lampes de sûreté*. Ann. des Mines de Belgique, t. IX, 1904, pp. 267-276 du tiré à part.

(2) L'existence de gaz plus inflammables que le grisou pourrait également entraîner la traversée de la flamme et mettre la toile en défaut.

puis en 1868-1873, en 1879-1880, en 1882, et enfin en 1892-1894. Durant ce temps, divers comités de savants étrangers se livraient également à des recherches nombreuses et répétées, en Angleterre, en France, en Prusse, en Autriche (1). On y utilisa le plus souvent le gaz d'éclairage, ailleurs le méthane préparé artificiellement, ou encore le grisou.

La conclusion qui se dégagea dès les premières expériences, est que les dimensions relatives des diverses parties de la lampe jouent un rôle considérable sur son degré de sûreté. C'était constater du coup la nécessité d'une surveillance étroite et continuelle de la construction et de l'état d'entretien des lampes.

Dès les premières expériences encore, on établit que la lampe imaginée par Mueseleer, ingénieur du Corps des mines belge, était l'une des plus remarquables. Recommandée en Belgique, par une circulaire officielle, dès 1840, cette lampe y fut, en 1876, rendue obligatoire, à l'exclusion de toute autre, pour les ouvriers des mines franchement grisouteuses. Cette prescription fut maintenue par le réglement de police du 28 avril 1884, qui ordonnait en même temps l'alimentation à l'huile végétale.

D'autres études, sur lesquelles nous reviendrons bientôt, ont conduit récemment le gouvernement belge à ériger une station d'essai des explosifs antigrisouteux. On y a annexé un laboratoire de recherches sur les lampes de sûreté. Inauguré en 1902, il est l'un des plus perfectionnés, sinon le plus complet et le mieux outillé de tous ceux qui ont été créés jusqu'ici. En donner une description détaillée serait sortir du cadre de cet article. Je renverrai donc le lecteur aux mémoires origi-

(1) On trouve un exposé historique succinct de toutes ces recherches dans le mémoire déjà cité de MM. Watteyne et Stassart : *Expériences sur les lampes de sûreté*, pp. 8-40.

naux (1), me bornant à rappeler que la station se trouve installée au siège n° 3 de l'Agrappe, à Frameries, où des terrains ont été gracieusement mis à la disposition du gouvernement par la Compagnie des Charbonnages belges. Le grisou capté dans les travaux de la fosse est soumis à une épuration ramenant la teneur en CO_2 à 1,5 p. c., et emmagasiné dans un gazomètre d'où il est dirigé vers les appareils d'essai. Un premier appareil sert à éprouver les lampes dans un courant grisouteux de teneur variable, mais généralement à l'optimum d'explosibilité. Sa vitesse peut atteindre jusqu'à 17 mètres par seconde, suivant le réglage; et son orientation est elle-même variable suivant la position occupée par la lampe dans l'appareil. Un second appareil, qui constitue une innovation, permet d'essayer la lampe dans une atmosphère grisouteuse, chaude et comprimée, c'est-à-dire dans les conditions que l'on rencontre aux grandes profondeurs atteintes aujourd'hui par quelques charbonnages belges, mille mètres et plus.

Les essais sont faits à outrance, et ont pour but unique d'éprouver la résistance des lampes. Ils ont porté non seulement sur la lampe Mueseleer, mais sur un grand nombre d'autres types, les uns anciens, les autres créés au cours des vingt-cinq dernières années et en usage à l'étranger. MM. Watteyne et Stassart se sont aussi attachés à l'étude d'un certain nombre de points spéciaux : résistance des toiles métalliques, résistance des verres, influence de la nature de l'huile, influence des méthodes de rallumage intérieur. Les résultats auxquels ils sont parvenus, sont des plus intéressants et des plus remarquables.

(1) Annales des Mines de Belgique, t. VII, 4e livrais., 1902, pp. 993 et suiv. et t. IX, 1904, pp. 149 et suiv. Revue Universelle des Mines, etc., 4e série, t. IV, pp. 149 et suiv. Congrès international des Mines, etc., Liége, 1905, t. I, pp. 214 et suiv.

Disons immédiatement qu'ils ont conduit à l'abrogation de certaines prescriptions, de celle entre autres qui concernait la nature de l'huile, et à la confirmation ou à l'établissement d'autres règles relatives à la nature des toiles métalliques, à la qualité des verres, etc. (1).

Les types de lampes autorisés sont aujourd'hui très nombreux : on en compte plus d'une douzaine. La lampe Mueseleer a été perfectionnée par l'adjonction d'une cuirasse en tôle protégeant les toiles. Cette disposition a été rendue obligatoire de façon générale pour les lampes employées dans les mines franchement grisouteuses.

Grâce aux bons résultats qu'elles ont fournis, un grand nombre de lampes à benzine, dont la lampe Woolf peut être considérée comme le prototype, ont, à la suite de ces essais, été mises en service dans les houillères belges. Ces lampes offrent sur celles alimentées à l'huile végétale deux avantages importants. Tout d'abord, leur pouvoir éclairant est plus considérable. L'intérêt de ce fait apparaît évident, si l'on songe aux multiples dangers qui menacent le mineur et dont il ne peut se rendre compte qu'à la lumière de sa lampe. La lutte contre la chute de pierres et contre les éboulements, qui, aujourd'hui, interviennent pour une si large part dans la statistique des accidents, est évidemment facilitée par la possession de moyens d'éclairage plus puissants. Mais le progrès réalisé par l'introduction des lampes à benzine est surtout d'un autre genre. Grâce à la grande volatilité de cette huile minérale, on a pu munir ces lampes d'un rallumeur intérieur. Pour juger de l'utilité de ce dispositif, il faut se représenter ce qui se passe lorsque l'on fait usage de lampe alimentée

(1) Cf. Annales des Mines de Belgique, t. IX, 1904, *Expériences sur les lampes de sûreté*, p. 947. — Idem, t. X, 1905, *Nouvelles expériences sur les lampes de sûreté*, p. 617. — Idem, t. XI, 1906, *Examen de quelques types récents de lampes de sûreté et Recherches nouvelles sur la résistance des verres*, pp. 1099-1241.

à l'huile grasse et que celle-ci vient à s'éteindre pour une cause quelconque : heurt, chute, etc. Une seule mesure s'impose : il faut renvoyer la lampe au puits d'entrée d'air ou à la surface suivant le cas, car ce n'est qu'en dehors de tout endroit susceptible de renfermer une atmosphère grisouteuse que l'on pourra ouvrir la lampe et la rallumer en toute sécurité. Si l'on songe aux trajets parfois très longs qu'il faut faire pour se rendre des tailles au puits, on jugera aisément de l'importance que prend le service de rallumage, de la perte de temps qu'il peut entraîner et, enfin, du danger que court le mineur s'il vient à voir s'éteindre sa dernière lumière alors qu'il se trouve dans un endroit écarté. Cette dernière éventualité est surtout à craindre à la suite d'accidents, alors que, pour une raison quelconque, toutes les lampes s'éteignent presque simultanément. On saisit du même coup les avantages d'un rallumeur intérieur, c'est-à-dire d'un mécanisme garni d'allumettes et permettant d'enflammer celles-ci à l'intérieur de la lampe de manière à remettre le feu à la mèche, tout en restant sous l'abri protecteur des toiles métalliques.

Le rallumage intérieur présente toutefois un risque. Si la lampe s'est éteinte à la suite d'un choc ou d'une chute, elle peut s'être du même coup gravement endommagée; si le mineur vient alors à la rallumer dans une atmosphère grisouteuse, il peut provoquer une explosion. Il importe donc d'attirer l'attention de la main-d'œuvre sur le risque qu'elle court à se servir du rallumeur sans avoir vérifié, au toucher ou autrement, le bon état de la lampe.

Les lampes à benzine ont encore donné lieu à d'autres critiques. Citons notamment, au début de leur mise en service dans les mines belges, de nombreuses ruptures de verres, qui entraînaient la suppression de l'étanchéité de la lampe en pleins travaux. Ces faits auraient été de nature à entraîner la condamnation

de ces lampes, si l'on n'était parvenu assez rapidement, semble-t-il, à réduire la casse dans des proportions considérables.

Enfin, pour en finir avec ce sujet bien intéressant mais un peu touffu, remarquons que les lampes de sûreté ne peuvent être ouvertes dans les travaux, car elles perdraient dès lors toutes leurs propriétés. On les rend donc indémontables en réunissant par une serrure le pot et la cage métallique ou armature, destinée à serrer contre le pot les autres parties essentielles : verre, tamis métalliques, en même temps qu'à protéger le verre contre les chocs. Les types de serrures sont des plus variés. Diverses fermetures, dites magnétiques, imaginées au cours de ces dernières années, passent pour inviolables.

Une seconde cause d'inflammation résulte de l'emploi d'explosifs.

Cette question, plus vaste et surtout plus complexe que celle des lampes, retient aujourd'hui l'attention des ingénieurs.

Il faut, dans l'emploi des explosifs, distinguer trois cas bien différents : le minage en charbon, pour l'abatage de la houille ; les travaux d'ouverture de voies de chantier, ou bosseyement, dans les roches encaissant la couche, et, enfin, le creusement de travers-bancs, ou galeries au rocher, qui ne rencontrent des couches de houille que de distance en distance.

La houille est généralement tendre, surtout quand elle est grisouteuse. Parfois — c'est le cas quand elle est « recuite » — elle est, au contraire, excessivement dure. En Belgique, il est de régle de faire l'abatage du charbon au pic ; ce n'est que dans les gisements non grisouteux, ou, dans tout autre cas, par dérogation expresse aux règlements, que l'on recourt aux explosifs. Encore doit-on examiner, dans chaque application,

s'il existe ou non des poussières de charbon dans le chantier. Sous l'influence d'une mine débourrante, ces poussières peuvent en effet être soulevées et former, comme l'expérience l'a prouvé, une atmosphère explosive. C'est à un accident survenu au cours d'un minage en veine, qu'il faudrait attribuer, d'après M. Atkinson (1), l'épouvantable catastrophe de Courrières et un grand nombre de désastres similaires survenus en Angleterre. Les expériences exécutées au laboratoire de Frameries sur des poussières de la mine de Courrières ont, de fait, établi leur caractère éminemment explosif.

Dans les mines allemandes, on abat les poussières de charbon avant le tir des mines, à l'aide d'une lance prenant l'eau sur une conduite qui parcourt toutes les galeries du charbonnage. L'arrosage est également organisé aujourd'hui dans un grand nombre de mines anglaises et tout particulièrement sur les voies de transport, afin de combattre l'influence néfaste que les poussières accumulées pourraient y exercer en facilitant la propagation d'une explosion née dans l'un quelconque des quartiers de la mine (2).

Quoi qu'il en soit, la suppression complète des explosifs constituerait évidemment la meilleure solution.

On a, au cours de ces dernières années, inventé diverses machines, connues sous le nom de *haveuses*, et qui abattent mécaniquement la couche de houille. Imaginées principalement pour suppléer au manque de bras, elles n'en présentent pas moins un intérêt immédiat dans la question qui nous occupe. Ces machines sont très répandues en Amérique, en Angleterre, voire en Allemagne; mais elles sont considérées jusqu'ici comme inapplicables dans les gisements belges.

(1) Cf. *Report... on the disaster occured at Courrières mines, etc.*

(2) Le coût de l'arrosage atteint et dépasse, dans plusieurs charbonnages allemands et anglais, 10 centimes à la tonne.

Un instant, les techniciens avaient espéré pouvoir adopter une solution analogue pour les travaux à la pierre, bosseyements ou creusements de galeries à travers-bancs. Un revirement d'opinion semble aujourd'hui se manifester sous l'influence d'idées nouvelles, que nous examinerons bientôt.

Il importe de remarquer que si une ventilation active est le moyen primordial de combattre le grisou, elle ne s'obtient que grâce à une réduction de la résistance totale de la mine, réduction qui n'est elle-même qu'une conséquence de la grande section des voies, à égalité de longueur de parcours. La mine grisouteuse doit donc avoir des voies larges, spacieuses et ce devra surtout être le cas pour les travers-bancs qui en sont généralement comme les grandes artères.

Le cas des travers-bancs est le plus difficile parce que, ici, l'on avance en plein massif rocheux. Celui des bosseyements est souvent plus simple. C'est là une circonstance heureuse, car l'existence d'une atmosphère grisouteuse ou poussiéreuse est beaucoup plus à craindre dans ce cas. Le bosseyement consiste à entailler les parois de la couche préalablement excavée, de manière à établir des galeries de section et de forme déterminées. C'est là toutefois un travail assez important, lorsqu'il s'agit, comme en Belgique, de couches généralement minces. La statistique renseigne en effet qu'en 1903, par exemple, la puissance moyenne a varié de $0^m,56$ à $0^m,84$ dans les divers bassins belges avec une moyenne de $0^m,68$ pour le royaume. En outre, l'une et l'autre parois sont bien souvent de grande dureté ou tout au moins de grande compacité. L'outil les entaille difficilement.

Aussi a-t-on tenté de recourir, dans ces cas, aux procédés mécaniques.

De tous les procédés proposés, dont quelques-uns sont aussi bizarres qu'ingénieux, un seul jusqu'ici a fourni

chez nous des résultats concluants : c'est l'emploi d'aiguilles coins. Un trou ayant été foré dans la paroi rocheuse, on y enfonce des coins en fer qui provoquent l'éclatement de la roche. Pour que l'on puisse enfoncer semblables coins, il faut que le trou, analogue à un fourneau de mine, soit d'assez grand diamètre. Longtemps la question fut considérée comme ouverte en ce qui concerne les bosseyements. Car seules les perforatrices mécaniques étaient capables de forer des trous de grand diamètre, et d'autre part ces machines étaient d'emploi souvent difficile, parfois impossible dans des galeries sujettes à de multiples et brusques sinuosités, comme c'est le cas pour les voies ouvertes dans des couches de houille, plissées et chiffonnées à l'envi. En outre, l'air comprimé est le seul agent auquel on ait pu jusqu'ici avoir recours sans crainte de mésaventure, et nombreux sont les charbonnages qui ne possèdent pas les installations nécessaires à son emploi.

Il y a une dizaine d'années que furent inventées diverses perforatrices à bras qui ont permis de tourner la difficulté, grâce à l'invention simultanée d'appareils, assez portatifs et manœuvrés également à bras, qui permettent d'enfoncer énergiquement les coins en fer (1).

Ces procédés sont néanmoins coûteux et lents, comparativement au minage. Ils sont donc également désavantageux dans les périodes de crise, où il importe de réaliser toutes les économies possibles, et dans celles de prospérité, où il faut répondre à une grande demande de combustible. Le coût supplémentaire d'ouverture des voies est certes compensé par la plus grande sécurité du travail, et aussi par une diminution des frais d'entre-

(1) Cf. par exemple, A. Habets, *Cours d'exploitation des mines*, t. I, Liége 1906, 2e édition, et encore Verniory, *Chasse-coins et brise-roches. Coupage des voies sans le secours d'explosifs.* Ann. des Mines de Belgique, t. I, p. 293.

tien ultérieurs. Mais la lenteur du creusement constitue, aux yeux de certains, un vice rédhibitoire (1). Et c'est pourquoi l'emploi des explosifs n'a pas perdu de son intérêt; le règlement belge ne le proscrit d'ailleurs que suivant une progression en rapport avec le caractère grisouteux du gisement.

Au contraire, l'emploi des explosifs est toléré pour le creusement des travers-bancs, sauf dans le cas de rencontre d'une couche de houille. L'aiguille coin n'est, en effet, efficace dans les travaux en plein rocher que pour autant qu'elle soit enfoncée à l'aide de machines puissantes. La présence de grisou et surtout celle de poussières charbonneuses est d'ailleurs moins à craindre, bien que, dans certains gisements, des soufflards plus ou moins intenses, et souvent nombreux, prennent naissance sur les fissures des roches.

Certains charbonnages avaient, il y a quelques années, renoncé complètement à l'emploi d'explosifs, sauf le cas de traversées de terrains très durs ou encore de creusement de puits, les perforatrices s'accommodant mal à ce dernier cas. Plusieurs manifestent aujourd'hui une tendance rétrograde et reviennent à l'emploi des explosifs. Il a, en effet, été constaté depuis peu que les poussières schisteuses et quartzeuses, produites en abondance par les perforatrices mécaniques, avaient une action désastreuse sur la santé des ouvriers (2).

L'autopsie a relevé des lésions profondes des voies respiratoires entraînant souvent une mort prématurée, notamment par la tuberculose. Le mal n'est pas sans remède. Une injection d'eau à travers le fleuret peut abattre les poussières. Mais c'est là une complication

(1) Cf. Watteyne et Denoel, *Les Explosifs dans les mines de houille de Belgique*, Bull. Soc. Ind. Minérale Saint-Étienne, 3e série, t. 14, 1900. *Congrès intern. des mines et de la métal.*, pp. 85-103.

(2) Cf. Revue Universelle des Mines, 5e série, t. 16, 3e numéro, pp. 294-297.

qui peut, dans certains cas, rendre difficile l'application du procédé.

Une autre raison du retour à l'emploi des explosifs est la nécessité d'exécuter rapidement divers travaux préparatoires. L'emploi d'aiguilles coins, combiné avec celui de perforatrices, est en effet relativement lent et aussi plus dispendieux. Le problème de la suppression complète des explosifs dans les mines grisouteuses et dans les charbonnages simplement poussiéreux est donc encore loin d'être résolu.

Entretemps les recherches se sont orientées dans une autre direction. Il y a bientôt vingt ans que se posa une question nouvelle, qui devait mettre à l'épreuve les ressources d'ingéniosité des inventeurs. Elle consiste à rechercher un explosif qui puisse être employé impunément en présence du grisou ou des poussières.

Il va sans dire qu'en pratique on ne doit jamais miner dans une atmosphère grisouteuse. Mais, je l'ai déjà dit, il faut prévoir les erreurs et les négligences des préposés au tir des mines, qui pour une cause quelconque n'apercevraient pas l'existence de gaz inflammable en le recherchant à l'aide de leur lampe, ou encore omettraient, intentionnellement ou non, de s'assurer de l'absence de grisou. Il se peut, d'ailleurs, qu'un afflux de grisou se manifeste entre l'instant où le boutefeu explore l'atmosphère et celui où il fait déflagrer la mine.

La possession d'un explosif pouvant exploser impunément au sein d'une atmosphère grisouteuse est donc de grande importance pour la plupart des charbonnages.

Le problème n'est pas insoluble, mais il est extraordinairement compliqué. Il n'est pas insoluble. On se souvient en effet que le grisou, dont le point d'inflammation est de 650° c. (1), possède cette propriété

(1) Voyez Rev. des Quest. scient., avril 1907, p. 519.

remarquable de retarder à l'inflammation; si la combustion de l'explosif est très rapide et si les gaz chauds qu'elle engendre en quantités énormes se détendent très rapidement, il se peut que la température de la masse gazeuse en contact avec le grisou soit trop basse pour en provoquer l'inflammation. Le problème est donc théoriquement soluble. Mais la recherche d'explosifs réalisant ces conditions est très délicate.

Pour exposer la question dans tous ses détails, il faudrait rechercher à la lueur des données expérimentales ce qui se passe dans l'explosion d'un coup de mine.

Ici encore, l'étendue du sujet est telle que je dois me borner à rappeler certaines notions d'ordre plutôt historique, sans chercher à grouper et à coordonner tous les faits connus.

Pour pouvoir réaliser le programme imposé, les explosifs doivent posséder une vitesse de propagation de l'explosion extrêmement rapide. Les explosifs brisants ou détonants possèdent seuls cette qualité. La poudre noire, au contraire, déflagre trop lentement et enflamme toujours le grisou.

La Commission française, tout en se rendant compte des multiples côtés de la question (1), crut pouvoir considérer comme critérium du caractère antigrisouteux d'un explosif, dit de sûreté, sa température de détonation.

Il existe, en effet, une relation évidente entre la température finale des gaz engendrés et leur température initiale. On avait ainsi fixé à 1900° pour les travaux à la pierre et à 1500° pour les travaux en veine la température de détonation maxima des explosifs antigrisouteux. En fait, ces températures étaient déterminées par le calcul à l'aide des données thermochimiques.

Mais ce n'était examiner qu'un point de la question.

(1) Cf. Lechatelier, *Le Grisou*, pp. 138-171.

La rapidité de la détente doit aussi être considérée; à puissance égale, elle dépend en grande partie de la pression initiale ou mieux de ce qu'on a appelé la brisance de l'explosif.

La charge sous laquelle l'explosif est employé, constitue également un facteur important, et même un facteur prépondérant, ainsi que MM. Watteyne et Denoel l'ont indiqué dès 1898 et comme il a été reconnu depuis. Les expériences ont en effet établi que tout explosif au delà d'une certaine charge, variable pour chaque type, mettait certainement le feu au grisou. La charge maxima d'un explosif donné que l'on puisse faire détoner en présence d'un mélange gazeux inflammable, sans provoquer l'inflammation de ce dernier, a reçu le nom de charge limite de sécurité.

L'influence de la charge se combine avec celle de la brisance et provoque une série de phénomènes trop complexes pour être exposés ici (1).

Enfin il a été constaté qu'il fallait tenir compte non seulement de la nature chimique de l'explosif, mais encore de son état physique, et en outre que divers types étaient sujets à des variations de fabrication ou à des altérations plus ou moins profondes.

Le problème est donc des plus ardus et des plus délicats.

Les recherches ont été poursuivies avec ardeur et ténacité. On a pu préciser le mécanisme d'une déflagration, en déterminant la pression initiale produite par l'explosion, la longueur des flammes produites par la détonation, la vitesse de détonation elle-même. Ce sont là des phénomènes essentiellement fugaces, des plus difficiles à saisir, mais que M. Bechel semble néanmoins avoir réussi à élucider (2).

(1) Watteyne et Denoel, *Les Explosifs dans les mines de houille de Belgique*. Bull. Soc. Ind. Minérale Saint-Étienne, 3e série, t. 14, 1900, pp. 60-134.

(2) Voyez, entre autres, Annales des Mines de Belgique, t. VII, pp. 1027-1054, t. IX, pp. 1307-1330.

Toutefois, les recherches effectuées dans divers pays étrangers étaient loin d'avoir fourni des indications satisfaisantes notamment en ce qui concerne la charge limite.

Une catastrophe, survenue le 26 avril 1901, au charbonnage du Grand Buisson et qui fit dix-neuf victimes, était venue confirmer les appréhensions de certains ingénieurs à l'endroit des explosifs antigrisouteux. Sa cause première, l'enquête l'avait nettement établi, était le tir d'une mine chargée d'environ 1 kilogramme de grisoutine (1).

Il importait d'agir, et c'est pourquoi le gouvernement belge dota en 1902 le *Service des accidents miniers et du grisou* de l'Administration des mines des moyens de procéder à des expériences directes en installant à Frameries un laboratoire de recherches.

Nous connaissons déjà cette station en ce qui concerne l'essai des lampes. L'étude des explosifs s'y fait dans une division distincte, qui consiste essentiellement en une galerie de section elliptique et de 30 mètres de longueur, analogue à une galerie de charbonnage. Ouverte à une extrémité, elle s'encastre à l'autre dans un massif de maçonnerie où se trouve logé un mortier en acier faisant office de fourneau de mine.

Le mortier est chargé d'une quantité convenable de l'explosif à essayer. Après quoi, on rend grisouteuse l'atmosphère voisine — limitée par une cloison en papier obturant complètement la galerie — en y injectant du grisou amené du gazomètre par une canalisation appropriée. Un dispositif spécial permet de remplir en outre de poussières de charbon l'atmosphère de la galerie.

L'expérience est des plus simples, une fois ces préparatifs achevés. On provoque à distance l'inflammation de la mine. D'un local d'observations, à l'abri des pro-

(1) Ann. des Mines de Belgique, t. VII, p. 996.

jections éventuelles, on observe si oui ou non l'explosif essayé provoque l'explosion de l'atmosphère.

Les résultats obtenus au laboratoire de Frameries sont des plus intéressants. On peut en juger rapidement par la suite officielle qui y a été donnée :

De tous les explosifs classés comme antigrisouteux avant ces essais, un seul figure encore aujourd'hui sur cette liste qui comporte cependant plus de vingt numéros.

C'est que le programme de la première série d'essais, pour être simple, était particulièrement rigoureux (1). Il était, d'ailleurs, à tendances nettement pratiques et utilitaires : pour être considéré comme antigrisouteux, un explosif doit posséder une charge limite représentant une énergie suffisante. Car il est évident que pour être utilisé rationnellement, semblable explosif ne peut être employé qu'en quantité inférieure à sa charge limite, c'est-à-dire incapable, d'après les essais, de communiquer le feu au grisou, et que, d'autre part, l'explosif doit pouvoir néanmoins effectuer un certain travail, dont la quotité minima peut être définie par rapport à un explosif type de composition bien définie.

C'est ainsi que pour être actuellement considéré comme antigrisouteux, par le classement belge, un explosif doit pouvoir déflagrer sans bourrage au sein d'une atmosphère grisouteuse au maximum d'explosibilité, en une quantité équivalente ou supérieure à 175 grammes de dynamite n° 1.

Ainsi qu'il a été dit, on détermine la charge limite de chaque explosif par des séries de tirs dans la galerie. L'évaluation de leur puissance se fait par des expériences spéciales à la bombe de plomb.

Des explosifs considérés comme antigrisouteux en

(1) Cf. Watteyne et Stassart, *Les Lampes de sûreté et les explosifs au siège d'expériences de Frameries*, Congr. intern. des Mines. Liége, 1905, t. I, pp. 228-272.

1900 à la suite de l'étude critique des recherches faites à l'étranger, un seul sur vingt et un, la grisoutite, a pu satisfaire au programme imposé.

Mais renseignée et guidée par ces nouvelles recherches expérimentales, l'ingéniosité des fabricants et des inventeurs n'a pas tardé à doter les exploitants de poudres plus puissantes et plus efficaces.

C'est ainsi qu'aujourd'hui la liste officielle comprend plus de vingt numéros. Certains d'entre ces explosifs ont une charge limite équivalant à plus de 500 grammes de dynamite n° 1, alors que cet équivalent n'est que de 179 grammes pour la grisoutite.

Enfin les conditions d'emploi de ces explosifs ont été nettement définies, de telle sorte qu'il est possible d'espérer à cet égard un progrès sensible. Souhaitons que la pratique confirme nettement les beaux travaux exécutés au laboratoire de Frameries par MM. Watteyne et Stassart, sous le patronage de l'Etat belge.

Les lampes et les explosifs sont les principales causes d'inflammation.

Inutile d'ajouter que l'usage du tabac à fumer est interdit dans les mines à grisou. Il est d'ailleurs formellement défendu d'y apporter des objets permettant de se procurer du feu, allumettes ou briquets.

En dehors des lampes et des explosifs, il est en général aisé de supprimer toute cause artificielle susceptible d'enflammer le grisou. Pour actionner les engins mécaniques situés au fond de la mine, tels que pompes, treuils, perforatrices, on se sert, suivant les cas, de vapeur, élaborée par des chaudières situées à la surface, d'eau sous pression ou encore d'air comprimé.

Les remarquables progrès accomplis durant ces dernières années par l'industrie électrique ont toutefois conduit les ingénieurs à examiner de plus près l'application de ce fluide pour la commande des diverses machines souterraines.

Jusqu'ici on a observé la plus grande réserve dans l'autorisation de semblables installations lorsqu'il s'agit de mines franchement grisouteuses. On est, en effet, encore mal informé sur les précautions à prendre pour les rendre sans danger. Tout récemment, une série de recherches expérimentales a été entreprise en Allemagne à la galerie de Gelsenkirchen-Bismarck, par M. Beyling (1), à l'effet de spécifier les conditions particulières que doit remplir le matériel électrique destiné aux mines grisouteuses.

Les faits mis en lumière par ces recherches sont du plus haut intérêt, mais trop spéciaux pour être rappelés ici. Le problème partiellement résolu est encore loin d'être complètement élucidé. Les essais se poursuivent encore à cette heure, à la galerie de Gelsenkirchen.

Pour résumer brièvement la question, disons que le danger peut ici provenir soit de la production d'étincelles, soit de l'échauffement d'un fil métallique par suite d'avarie.

Dans l'un ou l'autre cas, l'atmosphère de la mine baignant plus ou moins directement l'appareil électrique, il y a inflammation du mélange grisouteux.

Toute la difficulté consiste à empêcher la propagation de cette explosion à l'extérieur de l'armature enveloppant le moteur.

Les premières recherches de M. Beyling ont établi que divers types de protections : cuirasse hermétique, toiles métalliques, plaques superposées, bain d'huile étaient admissibles et efficaces. Chacun d'eux toutefois a des applications limitées ou présente des difficultés spéciales de mise en œuvre.

Il semblerait néanmoins que l'emploi de l'électricité dans les mines grisouteuses, jusqu'ici très limité, pour-

(1) Cf. *Gluckauf!* Essen 1906, nos 1 à 13. Traduction résumée ANN. DES MINES DE BELGIQUE, t. XI, pp. 630-639 et 987 à 1006, et t. XII, pp. 64-92.

rait dans un avenir plus ou moins proche se développer largement, jusque dans les endroits où l'on peut craindre l'existence de gaz inflammable.

La question est évidemment délicate, car d'une part les appareils électriques sont aisément sujets à des détraquements occultes, alors que le mineur, aux mains rudes, est habitué aux outils robustes; et d'autre part, il est logique de chercher à conserver aux mines la plus grande sécurité possible, fallût-il en arriver à proscrire certains engins des plus utiles. *Principiis obsta!*

C'est pourquoi le problème est encore à cette heure loin d'être complètement résolu.

Certaines causes accidentelles, mais naturelles, peuvent ainsi provoquer l'inflammation du grisou. C'est tout spécialement le cas pour les incendies souterrains, qui créent déjà tant de difficultés dans les exploitations.

La genèse des incendies doit être recherchée dans la nature même du combustible exploité ou encore dans celle des roches encaissantes, tels certains schistes bitumineux. On parvient néanmoins par une appropriation rationnelle des méthodes d'exploitation à en limiter la fréquence et l'étendue.

V. — Sauvetage

Quoi que nous fassions, quelque méthodiques et minutieuses que soient nos études théoriques ou expérimentales, quelque perfectionnés que soient nos appareils de toutes sortes, quelque vigilantes et sévères que soient la surveillance et la police des mines, nous n'en devons pas moins redouter les accidents. Car notre science est limitée, et notre nature est essentiellement faillible.

Il faut donc nous attacher non seulement à réduire le nombre des accidents, mais encore à en limiter l'importance.

Il nous faut, en outre, prendre toutes les mesures nécessaires pour pouvoir, en cas d'accident, porter promptement secours aux victimes.

Les inflammations et surtout les explosions de grisou sont par nature des accidents collectifs. L'atmosphère de la mine s'enflamme dans toute sa masse, à partir du point d'inflammation jusqu'aux limites de la zone infestée par le gaz inflammable. Quiconque se trouve dans la région atteinte court grand danger de mort.

Si nous voulons donc réduire le nombre des victimes que peut faire un coup de grisou, nous répartirons le personnel de chaque fosse par petits groupes, que nous occuperons dans des chantiers distincts, c'est-à-dire ventilés par des courants d'air différents. La division du courant d'air s'impose d'ailleurs dans une certaine mesure — nous l'avons vu plus haut — si l'on veut s'attacher à réduire la résistance de la mine à la ventilation. Mais on est conduit à pousser plus loin encore la subdivision du courant d'air suivant les exigences des règlements miniers.

Ce n'est pas tout. Les faits ont prouvé que dans un grand nombre de cas l'explosion née en un point reculé de la mine se propageait à travers tout l'ensemble, malgré la subdivision de l'aérage. Le plus souvent c'est aux poussières charbonneuses accumulées sur les voies de transport qu'il faut attribuer cette extension. C'est pourquoi, en Angleterre notamment, on pratique l'arrosage fréquent de ces voies de transport afin d'abattre et d'agglutiner les poussières. On rend ainsi plus effective l'indépendance de chaque chantier.

La règle suivie pour les chantiers est également adoptée pour les unités d'ordre supérieur, les sièges d'exploitation. Dans bien des cas, ces sièges n'ont entre

eux aucune liaison souterraine. S'il en existe, on s'attache à y rendre impossible la propagation d'une explosion.

Les mesures propres à faciliter les opérations de sauvetage en cas de catastrophe sont de deux sortes : les unes préventives, les autres directes.

Ce sont les mesures préventives que l'on s'était surtout attaché à développer jusque dans ces dernières années.

La première et la plus importante est la possession de deux voies d'accès distinctes pour tout point des travaux d'exploitation. Une de ces voies devient-elle inaccessible, l'autre issue subsiste et assure la retraite.

Cette règle s'applique surtout aux voies d'accès principales de la mine, qui sont le plus fréquemment des puits. Plus la mine est profonde, plus grand est l'intérêt qu'il y a à maintenir intactes ces communications entre les travaux souterrains et la surface. Aussi cherche-t-on à les multiplier, par exemple en réunissant souterrainement des sièges d'exploitation voisins. Cette mesure présente toutefois, comme nous venons de le voir, un certain aléa.

Il ne suffit pas d'assurer la retraite aux ouvriers ou le facile accès aux sauveteurs; il faut encore assurer, autant que faire se peut, la persistance de la ventilation. Des deux voies d'accès de chaque chantier, l'une sert généralement d'entrée, l'autre de retour d'air. Ces voies doivent être rendues indépendantes l'une de l'autre, de manière à ce qu'en cas d'explosion, il ne puisse se produire entre elles de court circuit. De même il faut proscrire comme dangereuse la disposition qui consiste à diviser par une cloison étanche les puits de la mine, de manière à ce que l'un des compartiments serve d'entrée, l'autre de retour d'air. Une explosion vient-elle à se produire, la cloison est détruite et l'aérage suspendu. La destruction de la cloison a en

outre pour conséquence ordinaire de rendre l'accès du puits impossible ou dangereux.

Les procédés directs de sauvetage ne sont complètement efficaces que pour autant que ces mesures préventives et d'autres analogues ont été prises. Les puits viennent-ils, par exemple, à déboucher dans le même bâtiment, il sera tout aussi impossible aux ouvriers de sortir de la mine, qu'aux sauveteurs d'y pénétrer, si le coup de grisou provoque l'incendie du bâtiment, comme ce fut le cas en 1879 au charbonnage de l'Agrappe.

C'est donc avec raison que l'on s'est appliqué durant longtemps à définir ces mesures préventives, car leur rôle est nettement prépondérant. Les procédés de sauvetage proprement dits n'en méritent pas moins d'être pris en sérieuse considération.

En fait, il y a déjà longtemps qu'ils ont fixé l'attention des chercheurs. C'est ainsi qu'il faut remonter à Pilâtre de Rozier, vers 1780, pour retrouver l'un des premiers inventeurs d'appareils permettant de pénétrer dans les milieux irrespirables (1).

Ce ne fut toutefois que dans ces dernières années que l'on parvint à construire des appareils suffisamment perfectionnés et surtout assez robustes pour pouvoir entrer dans la pratique courante des mines.

Les principaux appareils de sauvetage sont, en effet, ceux qui permettent de pénétrer dans les milieux irrespirables. Un ou plusieurs ouvriers viennent-ils par suite d'un dégagement subit ou d'un défaut de ventilation à se trouver dans une atmosphère riche en grisou, ils y succomberont par asphyxie si l'on ne vient à leur secours. Rétablir l'aérage ou dissiper l'accumulation de grisou est souvent une opération longue et laborieuse. Entretemps la mort aura fait son œuvre. Il faut

(1) Cf. J. Jicinsky, *Katechismus der Grubenwetterführung*, 3e édition. Mährish-Ostrau, 1901, pp. 236-246.

donc pouvoir pénétrer dans l'atmosphère viciée sans attendre que la situation soit redevenue normale, et cela ne se peut sans danger pour les sauveteurs que grâce à des appareils spéciaux.

Il en sera encore de même à la suite d'une inflammation et surtout d'une explosion de grisou. Les ravages causés par la catastrophe auront généralement eu pour conséquence de supprimer au moins localement la ventilation. En outre et surtout, il existera souvent dans l'atmosphère non seulement une assez forte quantité de gaz inertes, mais encore des gaz toxiques, tel l'oxyde de carbone, provenant de combustions incomplètes.

Il faut donc que le sauveteur pénètre dans cet air vicié en conservant une communication avec l'atmosphère respirable, ou encore en se munissant, en s'entourant d'une atmosphère propre.

Le premier système est celui adopté par Pilâtre de Rozier, qui en donna la démonstration en faisant se promener dans une cuve de brasserie remplie d'acide carbonique des hommes munis de masques reliés par un tuyau flexible et étanche à l'atmosphère de la salle. Cette méthode est encore employée dans certains cas.

Les appareils les plus modernes dérivent tous du type proposé en 1878 par feu le professeur Ch. Schwann, de l'Université de Liége et qui, ainsi que M. A. Habets l'a rappelé récemment, avait cependant été condamné par le grand physiologiste que fut Paul Bert (1). La respiration, on le sait, équivaut au total à une combustion. L'homme inhale de l'air riche en oxygène et exhale au contraire de l'air pauvre en oxygène, mais enrichi en anhydride carbonique. Ce dernier gaz est inerte, sinon toxique. De telle sorte que si nous respirons dans une capacité limitée, un sac étanche, par

(1) Cf. Revue universelle des Mines, 3e série, t. XIV, p. 77.

exemple, rempli au début d'air pur, au bout de quelques minutes, l'atmosphère du sac est devenue irrespirable : elle contient trop peu d'oxygène et renferme au contraire une trop grande quantité d'anhydride carbonique. Aussi les appareils simples construits de la sorte, tel celui de M. Fayol, ne permettent-ils qu'un séjour de quelques minutes dans l'air vicié.

Pour pouvoir prolonger le séjour, il faut régénérer l'atmosphère limitée du sac, en absorbant d'une part l'excès d'anhydride carbonique et en restituant d'autre part une certaine quantité d'oxygène. Paul Bert tenait l'oxygène pur pour toxique. Ce fut la raison de la condamnation qu'il porta contre le système proposé par Schwann.

Il fallut que des catastrophes retentissantes survinssent en Autriche et en Allemagne pour que la question attirât à nouveau, vers 1895, l'attention des ingénieurs. Elle allait être d'autant plus rapidement résolue que les progrès réalisés par les industries chimiques avaient été plus remarquables. Aussi possédons-nous aujourd'hui des appareils portatifs permettant de pénétrer librement, à toute distance, dans les milieux irrespirables et d'y séjourner durant une ou deux heures. Les types sont nombreux. Leur description détaillée comporterait à elle seule un long article (1). Je viens de rappeler leur mode de fonctionnement; qu'il me suffise d'ajouter que l'absorption de l'anhydride carbonique est faite à l'aide de pastilles alcalines et que la régénération de l'air est souvent obtenue à l'aide

(1) Voyez à ce sujet REVUE UNIVERSELLE DES MINES, cinquième série, t. XIV, pp. 71-93, et surtout CONGRÈS INTERNATIONAL DES MINES, Liége, 1905, t. II. — Suess, *Les Appareils de sauvetage*, pp. 119-154. — Bamberger, Böck et Wanz, *Pneumatogène*, pp. 159-163. — Meyer, *Organisation du sauvetage*, pp. 165-189. *Description abrégée des objets exposés par la mine Hibernia*, pp. 325-335. — Guglielminetti-Droeger, *Appareil respiratoire et boîte de secours pour mineurs*, pp. 509-516.

d'oxygène comprimé transporté dans une minuscule bonbonne.

Les études poursuivies durant plusieurs années au charbonnage Hibernia, en Westphalie, ont notamment permis de donner à l'appareil une forme robuste et aussi peu encombrante que possible, qualités que les types primitifs, notamment celui proposé par Schwann, étaient loin de posséder.

Les sauveteurs sont munis de lampes électriques.

Les techniciens allemands ont d'ailleurs poussé plus loin leurs recherches et se sont ingéniés à assurer le plus complètement possible l'effet utile de ces appareils. Il faut, la chose est évidente, pouvoir porter promptement secours aux victimes : l'asphyxie n'est pas instantanée, mais elle a raison des plus forts tempéraments en moins d'une, voire deux heures. Il ne suffira donc pas de posséder des appareils de sauvetage, il faudra encore disposer d'une équipe de sauveteurs, et à la fosse même si possible. Il faudra surtout disposer d'hommes expérimentés, rompus aux travaux miniers et habitués à l'usage des appareils respiratoires.

Ces équipes existent en Allemagne; chacun le sait. Car tous, nous nous souvenons de la démonstration faite par le poste de secours de la houillère Hibernia lors de la catastrophe de Courrières. Ces équipes s'entraînent régulièrement et périodiquement dans des salles d'exercices appropriées.

A la suite de l'Exposition de 1905, le gouvernement belge a adjoint une équipe de sauveteurs à la station d'expériences de Frameries. Les charbonnages du bassin de Liége ont, de leur côté, projeté une organisation complète, qui, jusqu'ici, n'a pas été réalisée. Un seul d'entre eux, celui de la Société Cockerill, possède à l'heure actuelle semblable poste de secours.

Il est toutefois à remarquer que les services que peuvent rendre ces appareils sont moins importants en

Belgique qu'en Westphalie, par exemple, parce que, dans ce bassin, les incendies souterrains sont assez fréquents dans certaines concessions. Leur possession n'en est pas moins des plus désirables. C'est ce dont les équipes de sauveteurs devront se souvenir au cours de leurs exercices d'entraînement, s'il arrivait que, durant plusieurs années, elles ne fussent pas appelées à intervenir.

Enfin, l'efficacité des travaux de sauvetage avec ou sans appareils pour milieux irrespirables dépend encore de l'éducation générale du personnel. Il est regrettable que les ouvriers, voire certains ingénieurs, ne possèdent aucune notion des premiers secours à donner aux blessés. Aux programmes des écoles de mines allemandes figure un cours régulier sur ce sujet. Dussent les cours théoriques en souffrir quelque peu, je crois qu'il y aurait progrès au point de vue humanitaire à inscrire ce cours nouveau aux programmes belges. L'ingénieur n'est pas seulement appelé à diriger des machines, mais encore à assurer la santé et la sécurité de légions de travailleurs.

Quant au personnel ouvrier, il y aurait intérêt à tout point de vue à lui inculquer l'utilité de ces notions. Une fois cette conviction acquise, il aurait à cœur de s'initier. La lutte contre l'ankylostomasie lui a permis de témoigner suffisamment de ses aptitudes et de sa bonne volonté pour qu'elles ne puissent être mises en doute.

VI. — Conclusion

Jetons à présent un regard en arrière, non pas pour évoquer le souvenir de ces terribles catastrophes qui trop souvent désolèrent le pays noir, mais pour embrasser d'un coup d'œil les résultats de cette lutte gigantesque entreprise par les mineurs contre le grisou.

Quelle est l'allure de cette lutte? Les efforts si considérables et si variés, que déploient savants et techniciens, sont-ils restés sans succès? La ventilation est-elle parvenue à réaliser sur notre subtil ennemi l'effet prévu par l'antique proverbe : *Divide et impera?* Ou l'ennemi s'étant malgré tout concentré par surprise, notre tactique a-t-elle réussi à le priver de ses moyens d'action?

Au total, est-ce un bulletin de victoire que nous devons rédiger?

Voilà ce qu'il me reste à dire.

Oui, c'est non seulement un succès, c'est presque un triomphe (1) que nous constatons, si nous examinons d'une part les risques courus et d'autre part le nombre des victimes.

Certes, au lendemain de ces catastrophes qui jettent le deuil parmi nos vaillantes populations minières, on en vient à douter des succès de la technique. Ce faisant, on cède à un mouvement de désespoir et de colère. Ne devrait-on pas plutôt se souvenir que l'expérience, que la science humaines sont bien limitées? Nous connaissons assez bien la nature des phénomènes grisouteux; mais nous ne savons le tout de rien.

Tel fait, inconnu ou mal observé jusqu'aujourd'hui, provoquera demain peut-être un accident, et cela en dépit de toutes les précautions qu'aura pu imposer la prévoyance humaine.

Le succès de nos luttes contre le grisou dépend donc encore d'une étude consciencieuse et impartiale des accidents, de manière à en tirer la leçon la plus complète. Cette critique des batailles perdues, outre qu'elle peut stimuler les ardeurs et relever les courages,

(1) En 1906, le grisou a fait en Belgique deux victimes qui ont été légèrement brûlées. Il n'y a eu aucun cas mortel. Dix dégagements instantanés, tous sans suites graves, ont été constatés.

pourra nous éviter des défaites plus retentissantes encore.

Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue que si l'on reproche amèrement aux ingénieurs ces douloureux échecs, on fait abstraction de leurs victoires, parce que ces victoires sont occultes.

Seule la statistique peut nous les révéler. Encore ne nous donne-t-elle qu'une approximation, car elle suppose le risque constant. Or il est évident que le risque a augmenté. Les exploitations se sont approfondies, elles ont donc pénétré dans des gîtes de plus en plus grisouteux. Le travail s'y est, d'autre part, intensifié.

Les chiffres que fournit la statistique sont donc des minima. Or quels sont-ils?

En ce qui concerne les accidents miniers en général, voici pour la Belgique les proportions d'ouvriers tués, par 10 000 ouvriers occupés pour les périodes décennales 1830-1904 (1).

	Accidents dans les puits.	Éboulements.	Explosions et grisou.	Accidents Divers.	Total.
	—	—	—	—	—
1831-1840 . . .	9,78	6,45	9,65	6,06	31,94
1841-1850 . . .	9,00	9,26	7,64	5,91	31,81
1851-1860 . . .	10,29	9,98	4,28	7,75	32,30
1861-1870 . . .	6,76	8,98	3,44	6,88	26,06
1871-1880 . . .	5,56	7,08	4,87	6,09	23,60
1881-1890 . . .	2,87	6,61	3,64	6,80	19,92
1891-1900 . . .	2,24	5,12	2,08	4,47	13,91
1900-1904 . . .	2,11	4,06	0,39	4,14	10,70
(1900-1905) (2). .	—	—	1,02	—	10,42

Le progrès réalisé dans les cinquante dernières années est énorme. Voyons à présent le tableau de détail relatif au grisou.

(1) Cf. Watteyne et Stassart, *Les Lampes de sûreté et les Explosifs*, pp. 200-203.

(2) Ann. des Mines de Belgique, t. XII, p. 339.

		1881-1890	1891-1900	1900-1904
Asphyxies	dégagement normal . .	0,54	0,48	0,25
	dégagement instantané .	0,19	0,22	0,14
Inflammations de grisou	causes diverses . . .	0,73	0,01	—
	par les lampes	0,48	1,63	—
	par les explosifs . . .	2,43	0,45	0,39
	TOTAUX. . .	4,37	2,79	0,78

Le progrès est, on le voit, plus marquant encore. La cause principale d'inflammation : l'emploi des explosifs a concentré l'attention des spécialistes. Les succès se sont accentués encore en 1905, car la moyenne pour la période 1900-1905 n'est plus que de 0,28. Enfin, en 1906, le bilan des cas mortels se clôture par zéro.

C'est donc un succès et un grand succès. Car, il faut le répéter, la statistique ne donne qu'une approximation, et l'erreur est en moins : les périodes antérieures accuseraient un risque plus grand encore, si le caractère des gisements eût été à ces époques aussi accentué qu'il l'est actuellement.

On le voit, il s'en faut de beaucoup que dans les conditions actuelles, ce soit le coup de grisou qui menace le plus la vie de l'ouvrier mineur.

Rendons donc hommage à tous ceux qui par leurs efforts et leur persévérance sont arrivés à perfectionner à ce point l'art des mines.

Qu'il s'agisse de l'étude du grisou, de la technique de l'aérage, de la construction des lampes ou de la fabrication des explosifs, payons un tribut de reconnaissance aux Guibal, aux Devillez, aux Mueseleer, à tous ces inventeurs illustres. Mais n'oublions pas non plus cette légion anonyme de travailleurs qui par une surveillance incessante et étroite des mines, sont parvenus à assurer les heureux effets des inventions, qu'ils aient

été fonctionnaires des Corps officiels ou attachés à la conduite des exploitations.

Saluons une dernière fois encore la mémoire de tous ceux qui, en dépit des efforts de la science et de la technique, ont succombé aux attaques perfides du grisou. Grâce à ces leçons chèrement payées, nous pouvons à présent regarder l'avenir avec calme et confiance.

D'habiles chercheurs viennent de découvrir, sous les bruyères arides et sableuses de la Campine, un important gisement de terrain houiller. Le grisou s'y rencontre. Mais en dépit de la profondeur de l'antre, qui suffit à en dire tout le danger, le mineur y descendra, certain d'avoir raison de son terrible ennemi.

A. Renier,
Ingénieur au Corps des Mines.

VARIÉTÉS

LES « ESSAYS » DE JEAN REY

ET

LA PESANTEUR DE L'AIR (1)

Au frontispice du livre qui va nous occuper, s'étale une vignette et se lit une devise. Une femme ailée tire un mort de la tombe : *Supera ut convexa revisat,* qu'il revienne au jour (2). C'est ce que veut M. Maurice Petit en rééditant l'œuvre d'un savant oublié.

I

Jean Rey naquit au Bugue, en Périgord, vers 1583. Il conquit son grade de Maître ès-arts à Montauban, subit avec succès les épreuves du doctorat en médecine et revint, en 1609, exercer sa profession dans son bourg natal ; il y mourut à une date incertaine, mais postérieure à 1645.

Esprit curieux et d'un sens critique très délié ; chercheur inventif, ami des livres mais avide surtout de science personnelle, il s'était acquis réputation de savant. Elle lui valut d'être consulté par le sieur Brun, apothicaire à Bergerac, au sujet d'un événement déconcertant dont ses creusets venaient d'être le théâtre.

(1) *Découverte et preuve de la pesanteur de l'air.* Essais de Jean Rey, docteur en médecine. Édition nouvelle avec commentaires publiée par Maurice Petit, pharmacien de première classe. Un vol. grand in-8° de xxvii-191 pages. — Paris, A. Hermann, 1907.

(2) Virgile, *Énéide*, VI, 750.

> Has omnes, ubi mille rotam volvêre per annos,
> Lethaeum ad fluvium deus evocat agmine magno ;
> Scilicet immemores *supera ut convexa revisant,*
> Rursus et incipiant in corpora velle reverti.

« A Monsievr Rey,

Monsievr, voulant ces iours passez calciner de l'estain, i'en pesay deux liures six onces du plus fin d'Angleterre, le mis dans vn vase de fer adapté a un fourneau ouuert : et, a grand feu, l'agitant continuellement, sans y adiouster chose aucune, ie le conuertis dans six heures en vne chaux très-blanche. Ie la pesay pour sçauoir le dechet ; et en y trouuay deux liures treize onces : ce qui me donna vn estonnement incroyable ; ne pouuant m'imaginer d'où estaient venuës les sept onces de plus... Votre bel esprit, qui se donne des eslans, quand il veut, au delà du commun, trouuera icy matiere d'occupation. Ie vous supplie, de toute mon affection, vous employer à la recherche de la cause d'un si rare effect, et me tant obliger que par vostre moyen ie sois esclaircy de cette merveille (1) ».

L'observation n'était pas neuve; Brun se trompe en « cuidant que nul auant luy s'en feut aduisé ». L'énigme qu'elle pose a tourmenté maint savant, sans compter les philosophes : « Le subiect a esté beau, l'enqueste penible, le fruit d'icelle bien petit ». Personne ne s'en étonnera, car « d'un effet si manifeste la cause estoit occulte tant et plus ».

« Estimant d'auoir frappé le but » Jean Rey en dira son avis « non sans preuoir très bien, dit-il, que i'encourray d'abord le nom de temeraire » ; mais « en tout euenement, i'auray tesmoigné au public le desir que i'ay de lui profiter, luy ayant laissé couler cet escript de mes mains, deut-il grauer sur ma reputation quelque nuisante flestrisseure ».

C'est tout un livre qu'il compose pour répondre à son correspondant; il l'intitule : *Essays de Iean Rey doctevr en Medecine svr la recherche de la cause pour laquelle l'Estain et le Plomb augmentent de poids quand on les calcine.* Dédiés à haut et puissant Seigneur Frédéric Maurice de la Tour, Duc de Boüillon, Prince souuerain de Sedan, etc. A Bazas; par Gvillavme Millanges, Imprimeur ordinaire du Roy, 1630. — Le style rappelle Montaigne, les pensées font de son auteur le précurseur de Lavoisier, en chimie, et en physique, l'émule de Baliano, de Mersenne, de Torricelli, de Descartes et de Pascal.

Ce petit volume, mal imprimé, semble avoir été destiné moins au grand public qu'à un cercle d'amis, le hasard heureusement servit sa fortune.

(1) *Essais*, p. 10.

Le sieur Brun ne fut pas seul à en recevoir l'hommage ; l'amitié le mit aussi entre les mains de Trichet, avocat au parlement de Bordeaux. Bibliophile et curieux de science, Pierre Trichet, dans ses loisirs, se donnait à la musique ; elle l'avait introduit chez Mersenne. Au cours d'un voyage à Paris, il mit sous les yeux de son illustre ami l'étrange brochure. « Ie n'auois pas esperé, écrira plus tard Jean Rey à Mersenne, que mes *Essays* fissent rencontre d'vn tel personnage que vous, qui, les ayant eppeluchés soigneusement, print la peine de m'escrire ses sentimens sur iceux. » De fait, Mersenne lut les *Essays* la plume à la main, en fit part « à de fort bons esprits » et, suivant en cela son habitude, manda à l'auteur les réflexions que cette lecture lui avait suggérées. Une correspondance s'ensuivit, du plus haut intérêt pour l'histoire des sciences, entre le docte religieux, le médecin du Bugue et l'apothicaire de Bergerac.

Les lettres de Mersenne se fussent sans doute perdues toutes trois, si Jean Rey ne les eût communiquées à Pierre Trichet, qui prit des copies des deux premières pour les joindre à son exemplaire des *Essays :* l'ouvrage ainsi complété passa plus tard à la Bibliothèque du Roi. Les autographes des deux lettres de Jean Rey et des deux lettres de Brun restèrent dans les cartons de Mersenne ; ils furent joints aux lettres manuscrites adressées à ce savant et recueillies à la Bibliothèque des Minimes de la place Royale. Toutes ont été écrites de 1631 à 1643. Elles attendirent pendant plus d'un siècle l'honneur de l'impression.

Il leur vint d'un événement considérable dans l'histoire de la chimie.

En 1772, Lavoisier faisait part à l'Académie des Sciences de ses célèbres recherches sur l'augmentation de poids que certains métaux reçoivent de la calcination. Le nom de Rey ne fut pas cité au cours de cette communication, mais il figure avec honneur dans le mémoire qui la développe et qui fut publié en 1774. C'est que le chimiste Bayen, apothicaire major des armées du Roi, avait, dans l'entre-temps, rappelé l'attention sur l'œuvre du médecin périgourdin dans une lettre à l'abbé Rozier. Après avoir montré l'importance de cet ouvrage oublié, Bayen ajoutait : « Voudriez-vous, Monsieur, concourir avec moi à faire connaître l'excellent ouvrage de Jean Rey ? Votre journal se lit dans toute la France ; il est répandu dans les pays étrangers ; si vous voulez y insérer la notice ci-jointe, les chymistes de tous les pays sauront en peu de tems que c'est un Français, qui, par la force de son génie et de ses réflexions, a deviné le premier la cause de

l'augmentation de poids qu'éprouvent certains métaux, lorsqu'en les exposant à l'action du feu, ils se convertissent en chaux, et que cette cause est précisément la même que celle dont la vérité vient d'être démontrée par les Expériences que M. Lavoisier a lues à la dernière séance publique de l'Académie des Sciences. » Rozier publia cette lettre dans son JOURNAL DE PHYSIQUE, en la faisant suivre d'une courte notice sur le contenu des *Essays*.

Le nom de Rey associé ainsi à celui de Lavoisier dans une découverte qui renouvelait la chimie, ne pouvait manquer d'exciter la curiosité; mais la rareté de la brochure, plus que centenaire, rendait malaisé de la satisfaire. Un érudit, ami des sciences, Gobet, se chargea de la rééditer. Les copies de Trichet lui fournirent deux des lettres de Mersenne; il y joignit celles de Jean Rey et de Brun, une « question » extraite des manuscrits de Mersenne sur le même sujet, et la lettre de Bayen à Rozier. Un commentaire intéressant, un opuscule singulier de P. Moitrel sur l'air, un autre du P. Cherubin d'Orléans complètent le volume qui parut sous ce titre : *Essays de Jean Rey*, docteur en médecine. Sur la Recherche de la cause pour laquelle l'Estain et le Plomb augmentent de poids quand on les calcine. Nouvelle édition, revue sur l'Exemplaire original, et augmentée sur les Manuscrits de la Bibliothèque du Roi, et des Minimes de Paris, avec des notes, par M. Gobet. Paris, chez Ruault, libraire, rue de la Harpe, MDCCLXXVII.

Cette nouvelle édition fut bien accueillie des chimistes : le nom de Jean Rey « précurseur de Lavoisier », passa dès lors dans leurs traités; mais elle devint très rare avant que les physiciens se fussent avisés de la lire. Le titre ne les y invitait pas.

En 1896, Grimaux, de l'Académie des Sciences, songea à la rééditer avec de nouveaux commentaires; le temps lui manqua et le texte primitif des *Essays*, privé de la précieuse correspondance qui le complète dans l'édition de Gobet, parut seul à la librairie Masson.

M. Maurice Petit comble heureusement cette lacune. L'édition qu'il nous donne reproduit tout ce qu'il y a d'essentiel dans l'édition de 1777. Un *discours préliminaire* sur Jean Rey et son œuvre, un nouveau commentaire joint à celui de Gobet, et des notes de M. R. Dezeimeris la complètent. Des reproductions figurées des titres des deux premières éditions ornent l'ouvrage. Volontiers nous redirons de cette réimpression ce que Mersenne a écrit de l'original : « Ie crois que ceux qui liront ce liure, en

recouront vn particulier contentement ». Puisse-t-il faire connaître l'œuvre de Jean Rey aux physiciens, comme l'édition de Gobet l'a fait connaître aux chimistes!

On cherche en vain le nom du savant périgourdin non seulement dans les traités de physique, mais dans les ouvrages consacrés à l'histoire de cette science. La plupart de ceux qui ont écrit sur la découverte de la pesanteur de l'air et de la pression atmosphérique — et ils sont nombreux — l'ont ignoré : Torricelli, Pascal et Descartes ont, entre tant d'autres, retenu leur attention. Seul, à notre connaissance, M. P. Duhem dans des articles récents (1) a élargi le débat et envisagé cet intéressant problème de l'histoire de la physique d'un point de vue plus élevé. Sans diminuer en rien le mérite de Torricelli, de Pascal et de Descartes, il a rendu justice à d'autres penseurs, au P. Mersenne surtout, et introduit Jean Rey dans leurs rangs. Il nous plairait d'aider à l'y maintenir.

II

A la question du sieur Brun, Jean Rey fait cette « réponse formelle » : « Ie responds et soustiens glorieusement : Que ce surcroit de poids vient de l'air, qui, dans le vase, a esté espessi, appesanti et rendu aucunement adhesif, par la vehemente et longuement continuée chaleur du fourneau; lequel air se mesle auecques la chaux (à ce aydant l'agitation frequente), et s'attache à ses plus menuës parties : non autrement que l'eau appesantit le sable que vous iettez et agitez dans icelle, par l'amoitir et adherer au moindre de ses grains. »... Or « a cette cause m'a-t-il fallu faire voir que l'air auoit de la pesanteur » (2). Son explication le suppose, en effet; aussi est-ce à prouver cette proposition qu'il emploie une bonne partie de ses *Essays* et c'est par là qu'ils intéressent les physiciens.

Qu'ils n'y cherchent pas cependant la *détermination expérimentale* de la gravité de l'air. Jean Rey prétend montrer qu'elle se connaît « par autre moyen que celui de la balance » qui lui inspire médiocre confiance. « Il me faut deployer, dit-il, cette mienne remarque : c'est que l'examen du poids de quelque

(1) *Le P. Marin Mersenne et la Pesanteur de l'air*, dans la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, 15 et 30 septembre 1906; ces articles ont été réunis en une brochure in-8° de 79 pages et sous le même titre chez A. Colin. Paris, 1906.

(2) *Essais*, pp. 50-51.

chose se fait en deux façons; sçauoir : ou à la raison, ou à la balance »... « L'examen des pesanteurs qui se fait à la balance differe grandement de celuy qui se fait à la raison. Cettui-ci n'est vsité que par l'homme iudicieux; celui-là, le plus rustaud le practique. Cettui-cy est tousiours iuste; celuy-là n'est gueres sans deception. Cettui-cy n'est point attaché à quelque circonstance de lieu; celuy-là ne s'exerce communement que dans l'air, et par fois dans l'eau, mais auec malaisance. C'est d'ici d'où l'erreur que i'ay combattue (que l'air est sans pesanteur) tire vn argument qui pourroit esblouïr les yeux debiles, mais non les clairvoyans. Car, balançans l'air dans l'air mesme, et ne lui trouuans point de pesanteur, ils ont creu qu'il n'en auoit point. Mais qu'ils balancent l'eau (qu'ils croyent pesante) dans l'eau mesme, ils ne luy en trouueront non plus : estant tres-veritable que nul element pese dans soy mesme (1) ». Et Jean Rey poursuit sa critique jusqu'à manifester très clairement l'erreur que la poussée de l'air pesant introduit dans les pesées. « De ceci i'infere ce qui a esté ci-deuant touché en passant que la balance est si fallacieuse qu'elle ne nous indique iamais le iuste poids des choses, fors que quand en icelle sont confrontées deux pesanteurs de mesme matiere et figure, comme deux boulets de plomb. Mais deux lingots, par exemple, l'vn d'or et l'autre de fer, que la balance vous monstre esgaux, ne le sont pas pourtant : car le fer pese plus, de ce que pese, selon la raison, l'air qui seroit contenu en la place que le fer occupe plus que l'or (2) ». Au cours de ses recherches pour déterminer le poids spécifique de l'air, Mersenne imaginera une expérience que l'on exécute aujourd'hui sous le nom d'*expérience du baroscope*. Elle a pu lui être suggérée par ce passage des *Essays*, qui en donne le principe.

C'est donc « par la raison » que Jean Rey prouvera que « Tout ce qui est de materiel soubs le pourpris des cieux a de la pesanteur ». « C'est par cette qualité, dont la matiere des quatre elemens est plus ou moins reuestuë, qu'ils sont separez entr'eux, et portez chacun en son lieu, selon que requiert la generation des mixtes et l'ornement de l'vniuers... Vray est que la terre, comme plus pesante,... forçant ses confraires à la retraite, fait que l'eau, seconde en pesanteur, soit aussi seconde en place : si que l'air, chassé du plus bas et second lieu, se restraint au troisiesme :

(1) *Essais*, p. 28.
(2) *Essais*, p. 49.

laissant au feu, le moins pesant de tous, la supreme region pour faire sa demeure. Les chimistes nous fournissent vue agreable representation de ceci, lors qu'ils prennent de l'esmail noir pulverisé, de la liqueur de tartre, de l'eau de vie rendüe bluastre auec le tournesol, et de l'esprit de terebenthine rougi d'orcanette; et, iettant le tout dans vne phiole, ils l'agitent iusques à ce qu'il s'en fasse vn meslange confus. Alors, donnans le repos au vaisseau, on voit à l'œil auec plaisir le desbroüillement se faire (1) ».

Or « ce que deuiendroient les ombres s'il n'y auoit point de corps, cela mesme deuiendra le mouuement naturel en haut, la legereté estant ostée ». Tout se meut donc naturellement en bas (2).

Dès lors « puis qu'on demeure d'accord que tout ce qui s'auale en bas sans aucune constraiute a de la pesanteur, d'où vn tel mouuement procede, qui sera celuy qui pourra desnier cette qualité à l'Air, voyant qu'on n'aura pas plustost arraché vn pal de la terre, qu'il n'aye couru au trou, pour seruir de remplage? et qu'on ne sçauroit creuser un puis si profond, qu'il ne s'y porte incontinent, sans effort exterieur et violence aucune?... Ceux qui diront que cela se fait pour esuiter le vuide, ne diront pas beaucoup : ils indiqueront la cause finale, et il s'agit de l'efficiente, qui ne peut point estre le vuide. Car il est tout certain que, dans les barres de la nature, le vuide, qui est rien, ne sçauroit trouuer lieu (3) ».

Dirons-nous que Jean Rey est moins heureux quand il « excogite en faveur de la verité des demonstrations precedentes » de montrer que l'air est pesant « par la vistesse du mouuement des choses graues plus grande vers la fin qu'au commencement »? — Lui en faire un grief, reviendrait à lui reprocher de ne pas avoir inventé la dynamique. Montrons plutôt que les vues fausses qu'il développe ici ne sont nullement dépourvues d'intérêt.

« La vistesse du mouuement de la chose pesante, dit-il, va s'augmentant depuis le commencement iusques à la fin, par l'augmentation de la matiere elementaire (l'air pesant et le feu qui le surmonte) qui s'affaisse sur icelle... La démonstration donnera clarté à mon dire. » Et le voici qui considère, avec figure à l'appui, la *colonne d'air*, de hauteur variable, au cours de la chute, qui surmonte le corps grave, en s'étendant de sa

(1) *Essais*, pp. 15-16.
(2) *Essais*, pp. 18 et 19.
(3) *Essais*, pp. 20-21.

surface aux confins de la sphère : « outre sa pesanteur interne », le mobile a donc « sur soy la matiere des elemens de l'air et du feu, enclose » en cette colonne et qui « fait poids sur iceluy », poids grandissant — il y insiste — au cours de la descente.

Et qu'on ne s'y trompe pas : ce n'est point ici — Jean Rey en fait la remarque — « l'opinion de Pererius... car il veut lui que l'air qui suit pousse le boulet : mais en cela se trompe-t-il que, l'air estant leger, et se guindant en haut de son naturel, ne sçauroit pousser en bas le boulet, non plus que le batteau qui est tiré contre le fil d'vn fleuue n'est iamais poussé contremont par l'eau, qui au rencontre de la prouë s'escartelle, et, leschant les costez, coule tousiours aual; car comment pourroit-elle tenant ce chemin frapper en haut la pouppe (1)? »

N'est-il point permis de voir ici une anticipation, vague sans doute mais non méconnaissable, d'une idée que Torricelli rendra féconde en l'appliquant, non à l'accélération des graves, où elle n'a rien à voir, mais à l'*équilibre de la colonne barométrique*, sans attribuer aucun rôle à l'action du vide, qui est nulle, comme le professe Jean Rey? Au moins peut-on penser que si l'expérience de Torricelli et son interprétation sont parvenues à sa connaissance, elles l'ont trouvé tout préparé à les accepter d'emblée, à y reconnaître la plus belle confirmation de sa doctrine?

Or, quelques pages plus loin, parlant des « elemens qui peuuent s'estendre et se resserrer » — nous y reviendrons — Jean Rey en tire ces conclusions : « Toutes ces remarques me seruent de planche pour passer à vne generalle assertion : sçauoir qu'en toutes choses fluides, tant composées que simples ou elementaires, les parties hautes different tousiours des basses en subtilité et pesanteur : et que cette difference se distingue en autant de degrez que leur matiere se peut diuiser par leur hauteur en de parties distinctes. Si bien que, si on conçoit une ligne tirée du plus bas d'vn des elemens fluides (comme pourroit estre l'air) iusqu'à la plus haute surface : tout autant de diuers degrez en poids et subtilité seront en cet element, comme la ligne se pourroit diuiser en de parcelles diuerses, (i'entens materiellement, afin qu'on ne sophistique) et sera tousiours la partie supreme plus mince et moins pesante que la seconde; la seconde que la troisiesme : et ainsi iusqu'au bout. Car d'attribuer à toutes les parties de chaque element vne mesme

(1) *Essais*, pp. 22 et suiv.

corpulence, c'est dementir le sens, qui nous fait iuger l'air (par exemple) *plus subtil au sommet d'vne montaigue, que non pas au pied, dans la plaine* (1). »

Ceci ne remet-il pas en mémoire la lettre que Pascal aurait écrite à Périer, le 15 novembre 1647, pour le prier de refaire l'expérience de Torricelli à la base et au sommet de Puy-de-Dôme, lui en expliquer la portée et lui prédire le résultat, « *puisqu'il est certain*, écrit-il, *qu'il y a beaucoup plus d'air qui pèse sur le pied de la montagne que non pas sur le sommet* » ?

Encore une fois, si Jean Rey a connu l'« expérience italienne » et son interprétation, qu'aurait-il pu lui manquer pour imaginer, seul et sans influence étrangère, l'expérience de contrôle dont Pascal et Descartes se disputent l'invention?

Jean Rey n'a donc point perdu son temps à peser l'air « à la raison »; mais il ne se refuse pas à solliciter aussi le témoignage de la balance, pourvu qu'on y procède dans de bonnes conditions; car « à icelle mesme vne portion (d'air), prealablement alterée et espessie, peut manifester son poids ». Et il décrit les moyens par lesquels « l'air est rendu pesant » à la balance et dans l'air.

Il l'est d'abord « par le meslange de quelque matiere plus pesante que soy ». De même que « l'eau de mer pese plus que celle des riuieres douces : celle-là contenant beaucoup de sel en soy, dont cette-cy est exempte.... ainsi l'air chargé de broüillards... pese plus que l'air pur... puisqu'il le fend et s'auale dans lui (2) ».

Il l'est encore « par la compression de ses parties. Prenez cette syringue dans laquelle le bouschon est enfoncé iusqu'à demi et l'ouuerture de deuant est bien fermée; poussez à force : vous reduirez l'air enclos au petit pied. Retirez à vous le bouschon, vous ne le sortirez pas du tout : bien ferez vous estendre l'air à de plus amples dimensions qu'il n'auoit auparauant. L'air ainsi comprimé, doubtez-vous qu'il ne pese dans un air libre, puis qu'en pareille espace il contient plus de matiere? Si la raison ci-dessus donnée en l'Essay huictiesme (Nul element pese dans soi-mesme) ne vous suffit, venez-en à l'espreuue. Remplissez d'air à grande force vn balon auec vn soufflet : vous trouuerez plus de poids à ce balon plein, qu'à lui-mesme estant vuide. Et de combien? De ce que pese raisonnablement l'air contenu de plus dans le balon qu'il n'y en a soubs pareille esten-

(1) *Essais*, p. 42.
(2) *Essais*, pp. 30-31.

duë en celui qui est libre. Plusieurs ont bien remarqué ce plus de pesanteur au balon plein qu'au vuide; mais que quelqu'un en aye sçeu la cause iusques ici, il n'est point venu à ma notice. Ie laisse à part les gens de basse estime. Le docte Scaliger, vray genie de l'Aristote, ne l'a point cogneuë; car en l'*Exercitation* 121, contre Cardan, il suit la grand route, tenant que l'air pur est leger, et que la pesanteur vient au balon de ce que l'air qui voisine la surface de la terre, tel qu'on le souffle dans le balon, est meslé de vapeurs, et de ces petits corps terrestres qu'on voit manifestement aux rayons du Soleil. Mais las! que fait ce meslange pour luy, puis que l'examen se fait dans vn air tout semblable? Certes il n'y sçauroit monstrer de pesanteur, si la compression ne venoit à son ayde (1). »

Mais si l'air est « accroissant en pesanteur » par le mélange de quelque matière plus grave ou par la compression de ses parties, la « loy des contraires veut que par moyens opposites il en puisse descroître », c'est-à-dire par « le desmeslement de quelque matiere estrange plus graue, ou son extension à de plus amples bornes ». L'auteur « supercede » ici à une explication qu'il juge superflue, « priant seulement le lecteur de remarquer que cette augmentation ou diminution de poids... *regarde tousiours vne portion d'air conferée à vne autre de pareille estenduë* (2). »

A ces vues justes, s'en mêlent d'autres que leur fausseté n'a pas rendues inutiles. Citons ce passage où il est permis de voir l'origine des recherches de Mersenne sur le poids spécifique de l'air.

Avec une bonne partie de l'École péripatéticienne, Jean Rey croit à la possibilité de convertir les éléments les uns dans les autres. Pour lui, l'eau qui se vaporise se transforme en air. Comment « sçauoir à quel volume d'air se réduit certaine quantité d'eau »? « Ie ne veux priuer le lecteur curieux d'vn moyen que i'ay excogité pour faire cette espreuue... laquelle pourra seruir et estre rapportée proportionablement aux autres elemens. Soit fait un canal de leton, de grandeur conuenable, bien poli au-dedans, tout ouuert par l'vn des bouts, et fermé par l'autre, fors d'vn bien petit trou au milieu; soit mis dedans vn quarreau ou bouschon, tel que celuy d'vne syringue, qui puisse couler partout auec aysance, et de telle iustesse qu'il n'eschappe point l'air. Iceluy estant coulé à fonds, soit mis au petit trou et

(1) *Essais*, pp. 32-33.
(2) *Essais*, p. 48.

serécment joinct vn tuyau sortant d'vn Æolopyle, ou soufflet philosophic. Cettuy, rempli d'eau, soit mis sur le feu. Adonc l'eau, se rarefiant et transmuant en air, sortira par le petit trou, et, entrant dans le caual, poussera peu-à-peu le bouschon, cherchant sa liberté, insques à tant que toute l'eau soit conuertie en air. L'espace du caual et de l'Æolopyle qui en sera rempli moustrera l'estenduë que cette matiere aura acquise (1). »

Mersenne aussi a cru que l'eau en se vaporisant se change en air; l'expérience l'a détrompé : l'eau échauffée se transforme en vapeur d'eau que le froid ramène à son état primitif. L'expérience de Jean Rey retiendra cependant son attention, et nous verrons tantôt comment il l'a heureusement transformée.

Il y aurait bien d'autres passages intéressants à extraire des *Essays;* bornons-nous à ceux-ci. Jean Rey disserte très bien sur la dilatation *des liquides,* et il applique ce phénomène à la construction d'un « thermoscope ou thermomètre » *à liquide* : « qui n'est rien plus qu'vne petite phiole ronde ayant le col fort long et deslié. Pour m'en seruir ie la mets au soleil, et par fois à la main d'vn febricitant, l'ayant tout remplie d'eau fors le col, la chaleur dilatant l'eau fait qu'elle monte : le plus et le moins m'indiquent la chaleur grande ou petite (2) ». Ainsi faisait Galilée de son thermoscope *à air.*

Il s'intéresse aux applications de l'air comprimé. « Cette compression d'air est vn champ planteureux, dit-il, dans lequel les bons esprits vont recueillans de rares artifices. C'est de luy que le Sieur Marin, bourgeois de Lisieux, a tiré son arquebuse : de laquelle i'auois l'inuention il y a plusieurs années et deuant que le Sieur Flurance l'eust descripte (3), mais qui excelle pardessus celle de Marin (ie le dis sans vanité) par y rapporter beaucoup plus de force (4) ».

Il insiste sur cette idée : « Or est-il que nul agent agit dans son semblable, toute action presupposant quelque contrarieté. Le chaud n'agira iamais dans un esgallement chaud; ains ces deux chauds s'embrasseront, et joindront leurs actions, et par cette jonction feront qu'ils ne seront plus deux agens, mais vn tant seulement. Que si vn bien chaud agit dans celuy qui l'est

(1) *Essais*, pp. 26-27.

(2) *Essais*, pp. 32, 95.

(3) L'ouvrage auquel il est fait ici allusion a pour titre : *Éléments d'une nouvelle artillerie à air*, par le sieur Flurance. In-8° de 80 pages. Paris, Rivault, 1608.

(4) *Essais*, p. 33.

moins, c'est qu'il se rencontre ici de la dissemblance, et en quelque façon de la contrarieté, le moins chaud s'emparant du tiltre de froid, quand il est rapporté à vn plus chaud (1) ».

Si la physique de « l'Aristote » lui inspire peu de sympathie, il professe en revanche grande estime pour Archimède qui « n'estoit ni sot ni fat », et il en a manifestement fait son maître de choix.

Ingénieux et habile physicien, Jean Rey est aussi très fin critique. Il honore les « Philosophes » comme « Grands voyers de la nature »; mais il « aduouë franchement n'avoir iuré aux paroles d'aucun d'eux. Si la verité est chez eux, dit-il, ie l'y reçois... sinon ie la cherche ailleurs. » Aussi y a-t-il plaisir à le voir « rembarrer » ses adversaires quand il passe à la « relation et refutation succincte des opinions que d'autres ont suiui, ou pourroient suiure ». C'est la plume de Montaigne et celle de Molière qu'il brandit.

« On dit d'Hercule, qu'il n'anoit pas plustost couppé une des testes de cette Hydre, qui rauageoit le Paln Lernean, qu'il en renaissoit deux. Ma condition est pareille. L'erreur que ie combats foisonne en opinions, qui sont autant de testes : si i'en retranche vne, on en voit naistre deux... Pour luy donner la mort il faut que ie recueille mes forces, et roidisse mon bras, afin que, d'vn seul coup, ie les abatte toutes. Qui voudra, prenne garde : car voyci ie luy porte ce funeste coup »...

« O que la ressemblance des choses deçoit souvent les beaux esprits. »

Voici Libanius. Il « a enueloppé son aduis dans vn si grand tas de paroles qu'il n'est pas aysé de l'en tirer ». Mais voyons, qu'y a-t-il au fond? « Pourquoi, la transmutation du plomb en chaux varie-t-elle le poids? parce, dit Libanius, que la transmutation varie le poids »...

Il n'épargne pas ses amis, mais il met à réfuter leurs opinions une délicatesse charmante. « Il m'a esté rapporté (ie ne sçay si fidelement), qu'vn de mes amis intimes, homme d'vn profond sçauoir, et d'vn iugement poli et solide au possible, à qui le sieur Brun anoit fait la mesme requisition qu'à moy, s'est laissé aller à cette croyance, que l'augmentation en poids dont il s'agit, procede des vapeurs du charbon, qui, passans à travers le vase, se vont meslans emmi la chaux. Ce que ie maintiens impossible... O verité, que tu m'és chere, de me faire estriuer contre vn si cher amy! »

(1) *Essais*, p. 29.

Enfin, la bataille est gagnée ! Il va, non sans fierté, rédiger son bulletin de victoire. « Voylà maintenant cette verité dont l'esclat frappe vos yeux, que ie viens de tirer des plus profonds cachots de l'obscurité. C'est celle-là de qui l'abord a esté jusqu'à present inaccessible. C'est elle qui a fait suer d'ahan tout autant de doctes hommes qui, la voulans accointer, se sont efforcez de franchir les difficultez qui la tenoient enceinte. Cardan, Scaliger, Fachsius, Caesalpin, Libanius l'ont curieusement recherchée : non iamais apperceuë. D'autres en peuuent estre en queste, mais en vain, s'ils ne suiuent le chemin que ie leur ay tout-premier desfriché et rendu royal : tous les autres n'estans que sentiers espinens, et destours inextricables qui ne menent iamais à bout. Le travail a esté mien, le profit en soit au lecteur, et à Dieu seul la gloire. »

III

Tout est intéressant dans la correspondance de Mersenne et de Jean Rey; ce que nous pourrons en dire ne sera qu'une invitation à la lire. Mersenne a vraiment « eppeluché » les *Essays*. Sa critique descend aux détails, recourt au contrôle et s'arme d'érudition; mais elle ne se pare point des charmes du style : en cela Rey est son maître.

A la proposition « qu'il n'y a rien de leger dans la nature, et que la terre va par sa pesanteur s'emparer du centre du monde », Mersenne oppose l'autorité de Copernic et « de la plupart des meilleurs astronomes ». Nous ne le suivrons pas dans cette discussion. — « Quant à ce que vous adioustés, poursuit-il, que l'air ne descend point dans vn puis ou dans les cauernes que par sa pesanteur, ce n'est pas la vraie cause : car il entre et remplit tout de mesme les trous que l'on faict en haut : par exemple qu'il dans les poutres et cheurons des planchers, et l'on vous dira fait cela par sa legereté, puisqu'il monte en haut (1). » Et il saisit cette occasion d'exposer une théorie du mouvement cyclique qui est celle que Descartes développait, à la même époque, en son *Monde*. « I'estime, conclut-il, que la cause de ce remplissement d'air tant en haut qu'en bas vient de l'equilibre que la nature reprend : car la terre tirée des cauernes se faisant vne place dans l'air, elle le chasse et le contraint de descendre au lieu d'où elle a esté tirée. »

(1) *Essais*, p. 79.

Mersenne triomphe sur « le mouvement accéléré des choses graves ». L'expérience lui « a fait voir » qu'un « boulet de canon descend aussi viste vers les vingt-cinq premiers pieds de roy que les vingt-cinq derniers. A quoy i'adiouste ce dont vous serés peut-estre bien aise d'estre asseuré, car cela va contre l'opinion commune, à sçauoir qu'vn corps ne va pas plus viste en bas, quoique plus pesant : car vn boulet de fer, et vne boule de bois descendent de cinquante pieds aussi viste à terre l'vn que l'autre, quoique le boulet peze huict fois dauantage, la boule estant quasi de mesme volume (1). »

« Quant aux experiences de l'Eolipile... ie les ay faites; mais c'est vne fausse imagination de croire que l'eau qui en sort se tourne en air : elle demeure tousiours eau, qui reuient après en sa nature. » D'ailleurs, le jet sècherait le papier qu'on lui présente, au lieu de le mouiller, si c'était de l'air — à cela Rey répondra : « il esteindroit le feu au lieu de l'allumer, si c'estoit eau à la sortie »! — Bien plus, au moyen de ce « soufflet philosophique » on peut aisément prouver que l'air chaud est moins dense que l'air froid. « L'Æolipile, en effet, estant eschauffé, et tout rouge dans le feu... l'experience convaine que l'air y est fort rare, puisqu'il tire vne grande quantité d'eau, dont il se remplit, iusqu'à ce que le peu d'air qui y estoit, revienne à sa densité ordinaire (2). » Nous verrons Mersenne transformer plus tard cette expérience en un procédé pour déterminer le poids spécifique de l'air.

Jean Rey mit quatre mois à répondre à son impitoyable critique. « Dés l'entrée, dit-il, ie vous aduise que ie fais deux remarques en vostre lettre : la premiere que vous taschés d'impugner mes opinions par authorités, ce que vous ne pouuiés faire, veu la nature de mon escrit, qui s'oppose en plusieurs lieux à la creance de la pluspart des hommes : ce qui m'a fait protester... de n'auoir iuré aux paroles d'aucun, faisant là voir que ie fleschis volontiers soubs le poids de la raison, sans laquelle les authorités ne m'esmeuuent point.

» La seconde remarque est que vous me faites deux sortes d'obiections, dont les vnes combattent les opinions à moi particulieres, les autres celles que i'ai communes auec plusieurs. Pour celles-ci ie n'en entreprends pas la deffense... Pour les autres ie suis tenu, ou de m'en departir, ou bien de les deffendre (3). » ...

(1) *Essais*. pp. 79-80.
(2) *Essais*. pp. 81-82.
(3) *Essais*, pp. 83-84.

« Maintenant venés-vous aux prinses auec moi, quand vous dites qu'on me dira que l'air qui remplit les trous faits en haut dans les poutres d'vn plancher, doibt estre dit leger puisqu'il monte. Mais ie leur dirai qu'il faut par la mesme raison qu'ils dient l'eau estre legere, qui monte dans vn batteau par les trous qui se font dans ses planches : ou (pour mieux faire quadrer la comparaison) qui monte dans les trous qu'on peut conceuoir estre faits dans les voutes des cauernes qui sont soubs les eaux. Ils ne m'accorderont pas ceci : ni moi à eux le reste. *Certes l'vn et l'autre remplissage se fait par la pesanteur des parties plus hautes, tant de l'air que de l'eau, qui s'affaissant sur les plus basses, les contraignent de pousser celles qui sont près des trous à les remplir.* Ce que vous-mesme confirmés, sans y penser, quand vous dittes que cela vient de l'equilibre que la nature reprend; ce qui est tres-veritable, et ie suis auecques vous iusques-là.

« Mais il faut passer outre, et demander d'où vient cet equilibre, à quoi ie responds que *c'est de la pesanteur,* car tout equilibre la suppose : et qui dit equilibre ne dit autre chose qu'vne esgalité de poids...

» Qu'on suspende vn ais dessus l'eau, touchant instement sa surface, qu'on le trouë tant qu'on voudra, on ne verra iamais que l'eau y monte. Il arriueroit de mesme de l'air, cet ais estant suspendu en sa supresme surface, et ce d'autant que la pesanteur de l'vn et de l'autre y resiste, et qu'il n'y a point de corps plus pesans au-dessus, qui, s'affaissans, les y contraignent. Il n'est pas ainsi de leurs descentes qui n'a pour borne que le plus bas de la terre (1). »

La lettre, où se lisent ces pensées, développement très juste de celles que nous avons rencontrées déjà dans les *Essays*, est datée du « premier de l'an 1632 ». Six ans plus tard, Galilée, qui sait cependant que l'air est pesant et a cherché à en déterminer le poids spécifique, invoquera l'horreur du vide pour expliquer l'ascension de l'eau dans les pompes et proposera le moyen d'en mesurer la puissance qu'il croit finie : *la quantità della forza del vacuo.* Mais quand, en 1644, Torricelli réalisera sa célèbre expérience du baromètre et en demandera l'explication à la pression exercée par l'air pesant, Mersenne et, sans doute aussi, « les fort bons esprits » auxquels il a communiqué les *Essays,* ne trouveront-ils pas dans le souvenir des vues si nettes de Jean

(1) *Essais*, pp. 88-89.

Rey sur le rôle de la pression engendrée par une atmosphère pesante, un surcroît de lumière pour en comprendre cette nouvelle manifestation?

N'exagérons rien cependant. On aurait tort de croire — M. Duhem en fait justement la remarque — que le médecin du Bugue ait été seul ou le premier à soupçonner jusque-là cette vérité. Dès 1629, Isaak Beeckman, collaborateur de Descartes, avait exprimé, à deux reprises, dans des entretiens avec Gassendi, des pensées voisines (1). Descartes lui-même rendait compte, le 2 juin 1631, de la cause et des effets de la pression atmosphérique dans une lettre adressée à un correspondant inconnu que l'on croit être Renieri(2). Enfin Torricelli expliquera son expérience comme Baliano expliquait l'ascension de l'eau dans une pompe aspirante, dans la lettre qu'il adressait à Galilée, le 26 octobre 1630 et où se lisent des vues toutes semblables à celles de Jean Rey (3). La conclusion s'impose :

« Au voisinage de l'an 1630, les mêmes pensées au sujet de la pesanteur de l'air et de la pression atmosphérique sont donc agitées, dans les pays les plus divers, par des physiciens qui n'ont point de communication entre eux. Ce qu'écrivent Beeckman à Dordrecht, Baliano à Gênes, Descartes à Amsterdam, Jean Rey le conçoit en une minime cité du Périgord. Quiconque a médité l'histoire des sciences connaît cette sorte d'attente qui oriente vers une même vérité les esprits les plus éloignés les uns des autres, cette tension générale qui annonce et prépare une grande découverte; il semble qu'avant de prendre sa forme définitive, aux contours nets et arrêtés, en la raison de celui qu'on saluera du titre d'inventeur, l'idée soit partout diffusée, vague encore et indécise, attendant l'heure de son avènement (4). »

Revenons à la lettre de Jean Rey.

Il se refuse à croire « qu'vn boulet de fer et vne bale de bois de mesme volume vont si viste en bas l'vn que l'autre quoique le fer peze huit fois plus;... bref qu'vn corps ne va plus viste en bas, quoique plus pesant : ie desirerois que fussiés à le dire, car, sans

(1) Is. Beeckman, *Mathematico-physicarum meditationum, quæstionum, solutionum centuria*, 1664; n° 35, p. 13; n° 77, p. 45 (cité par P. Duhem, *Le P. Marin Mersenne et la pesanteur de l'air*, p. 17).

(2) *Œuvres complètes de Descartes*, publiées par Ch. Adam et P. Tannery, t. I, *Correspondance*, n° XXXIV, p. 205 (cité par P. Duhem, *ibid.*, p. 17).

(3) *Le Opere di Galileo Galilei*. Prima edizione completa. T. IX, p. 210. Firenze, 1852 (cité par P. Duhem, *ibid.*, p. 20).

(4) P. Duhem, *Le P. Marin Mersenne et la pesanteur de l'air*, pp. 21-22.

doubte, ces experiences ont esté par vous mal experimentées, et vous coniure de les refaire : mais exactement et d'vn lieu haut, vous engageant mon honneur, si par apres vous ne changés de langage. Pour la descente du boulet à canon, il est difficile de iuger à l'œil s'il va plus viste les vingt-cinq pieds derniers que les vingt-cinq premiers. Mais on s'en peut resoudre, le laissant cheoir vne fois de vingt-cinq pieds de haut sur quelque terre tendre, laquelle il enfoncera quelque peu ; mais non pas tant que lorsqu'il tombera de cinquante. Or, cette plus grande enfonceure vient, ou de la plus grande pesanteur, ou de la plus grande vistesse : non de celle-là, puisque c'est le mesme boulet, doncques de celle-cy quoiqu'on en puisse dire.

» Ie crains aussi que vous ayés failli aux experiences de l'Eolopile : car, pourquoy ne se tournera l'eau qui en sort en air, s'il est bien et subtilement percé ; puisqu'elle s'y tourne visiblement en sortant mesme d'vne chaudiere posée sur le feu ? Outre qu'il esteindroit le feu au lieu de l'allumer, si c'estoit eau à la sortie (1). »

Jean Rey avait joint à sa lettre un exemplaire de ses *Essays*. Mersenne le remercie le « premier jour d'avril 1632 ». Le Minime n'est pas riche, et s'il n'y veille, sa volumineuse correspondance grèvera lourdement le budget de son couvent. Aussi se plaint-il de la maladresse de l'intermédiaire chargé de l'expédition : « il a si bien addressé ce liure, dit-il, qu'il a cousté vingt sols de port ». Il se gardera bien d'occasionner à son correspondant semblable mésaventure. Si j'ai tardé à vous répondre, dit-il, c'est que « i'ay eu de la peine a trouuer des voyes qui fussent propres pour vous escrire ; ce que ie fais maintenant par M. de Thou, afin que le port ne vous couste rien ». Jean Rey se le tint sans doute pour dit et chercha des « voyes qui fussent propres pour écrire », ce qui donna au sieur Brun l'occasion de joindre à la lettre de Rey datée du 21 mars 1643, un post-scriptum écrit le 7 juillet.

Ce détail de ménage réglé, Mersenne reprend la plume d'Aristarque.

« Ie remarque donc particulierement que vous tenés pour certain que les pierres descendent par leur pesanteur, consequemment tous les autres corps ; mais si vous considerés qu'il s'ensuiuroit de-là que plus ils seroient pesants en mesme volume, et plus viste ils descendroient ... ce qui n'arriue pas pourtant,

(1) *Essais*, pp. 90-91.

peut-être que vous changerés d'aduis. Veritablement ie m'estonne de ce que vous vous defiés de mon experience de l'esgalle vistesse d'vn boulet de fer et d'vn boulet de buis : car s'il ne tient qu'à vous faire signer solemnellement plusieurs personnes de qualité qui ont veu et fait l'experience auec moi, ils vous le tesmoigneront authentiquement (1). »

Cette vérité que Mersenne affirme si fort en 1632, qu'il « scait de science asseurée » et d'après ses propres expériences, peut-il l'avoir oubliée en 1636? Et cependant il la méconnaît manifestement quand, dans son *Harmonie universelle,* au début des Nouvelles observations physiques et mathématiques, il admet comme base essentielle de ses raisonnements, cette proposition de la physique péripatéticienne : la résistance qu'oppose le milieu au corps qui le traverse est proportionnelle à la densité du milieu. Cette règle est fausse si des corps de poids spécifiques très différents « vn boulet de fer et vn boulet de buis,... du plomb et du charbon » vont « aussi viste à terre l'un que l'autre ». C'est là une de ces distractions étranges et de ces contradictions logiques qui se heurtent fréquemment en l'esprit de Mersenne. « Des propositions fausses, empruntées à l'antique Mécanique de l'École, s'y affirmaient à côté de vérités fournies par la science naissante; le manque de sens critique dont était accompagnée l'exubérante imagination du laborieux Minime lui permettait de s'accommoder de ces disparates, sans les trop remarquer, et d'user tour à tour d'hypothèses inconciliables.

» N'allons pas, d'ailleurs, nous scandaliser outre mesure de cet état d'esprit; il eût été malaisé, à ce moment, qu'un logicien exigeant parlât de mécanique. Le système cohérent créé par Aristote et par ses commentateurs, ... s'en allait délabré; du système qui devait un jour le remplacer, à peine quelques ébauches apparaissaient çà et là, douteuses encore et hésitantes, mal affermies contre les objections, sans liens les unes avec les autres (2). »

Il n'apparaît pas, dans la lettre de Mersenne que nous analysons, que Jean Rey ait réussi à lui faire admettre, comme il la concevait, l'existence de la pression atmosphérique, mais il l'a convaincu du moins que l'air est pesant; aussi le laborieux religieux n'aura-t-il de cesse qu'il n'ait déterminé son poids spécifique.

(1) *Essais*, pp. 97-98.
(2) P. Duhem, *Le P. Marin Mersenne* ..., p. 31.

Entre tant de moyens, parfois impraticables et souvent grossiers, que lui suggérera son esprit inventif et prompt à l'exécution, il en est un dont il semble, dès maintenant, en possession. « Ie pense, dit-il dans cette lettre du 1er avril 1632, auoir trouué le moyen de peser l'air, et de sçauoir combien est plus leger que l'argent et les autres corps tant solides que liquides : mais ie n'ay pas encore la commodité de pezer, à raison des instruments qu'il faut auoir (1). » — Quel est ce procédé? Nous ne connaissons pas la lettre où, plus tard, Mersenne l'exposait à Jean Rey; Trichet n'en a pas joint la copie à son exemplaire des *Essays*. Mais la réponse de Jean Rey en reproduit une description très nette.

Cette dernière lettre du médecin du Bugue est datée du 21 mars 1643. « Si i'ay laissé passer des années entieres sans vous auoir visité par mes lettres, il en faut accuser mes affaires domestiques, qui ont tellement trauersé mon esprit qu'elles l'ont rendu presque incapable de toutes belles conceptions, et m'ont empesché de vous escrire souuent, comme i'eusse bien desiré; ce neantmoins vostre derniere m'oblige de faire ce petit effort, pour vous declarer mon iugement sur le moyen que vous dites auoir de peser l'air, puisque vous le demandés auec asseurance, que, si ie l'appreuue, vous n'aurés pas peur que l'on y treuue à redire (2) »... « Vous pesez vne phiole de verre estant froide, vous la chauffez par après sur un rechaud, et, la pesant, treuués qu'elle pese moins, parce qu'il en est sorti de l'air; et, afin de treuuer quelle quantité, vous mettés son tuyau (estant toute chaude) dans l'eau qu'elle succe, iusqu'à ce qu'il en soit autant rentré comme il en estoit sorti d'air, ce qui vous a monstré que l'eau est plus pesante 255 fois que l'air (3). »

Il eût suffi de sceller la pointe de la fiole, tandis qu'elle était chaude, de la peser refroidie, et de briser la pointe sous l'eau pour faire de ce procédé une méthode expérimentale précise rappelant celle que J.-B. Dumas imaginera pour déterminer les densités des vapeurs. Sous la forme que Mersenne lui donne, elle ne peut conduire qu'à des mécomptes.

Jean Rey l'a bien compris : le procédé, dit-il, ne donnera pas de résultats constants. « Ie suis asseuré que toutes les fois que vous ferés cette espreuue, vous y treuuerés de la diuersité, et, partant,

(1) *Essais*, p. 103.
(2) *Essais*, p. 111.
(3) *Essais*, p. 112.

demeurerés tousiours dans le doute. Car tantost vous chaufferés plus vostre phiole, tantost moins, tantost vous mettrés promptement son tuyau dans l'eau, et tantost vous y apporterés plus de longueur. Ce plus ou moins de chauffage, et ce plus ou moins de promptitude vous produiront sans doute de la diuersité (1). »

L'expérience ne manqua pas de vérifier ces prévisions. On lit dans les *Cogitata physico-mathematica*, Prop. XXXI, p. 147, que de nouvelles épreuves répétées en présence de géomètres et avec leur aide, ont donné, au lieu de 225, le nombre de 1356 pour rapport entre la densité de l'eau et celle de l'air. Ce résultat plaît d'ailleurs à Mersenne, car il se rapproche de celui qu'il avait obtenu, en l'*Harmonie universelle*, par la comparaison de la vitesse du son à la vitesse de propagation des ondes liquides (2).

Prompt à l'expérience, Mersenne se heurte souvent à des difficultés d'exécution qu'il eût pu prévoir. Jean Rey, lui aussi, se laisse prendre parfois au piège de la distraction. « Ces difficultés, poursuit-il, et autres qu'on pourroit excogiter, ayant plus de loisir, me font dire franchement que par ce procedé vous n'obtiendrés iamais vne iuste epreuue, quoique vostre pensée là-dessus soit belle et fondée auec raison. Mais craignant que cette mienne franchise à dire mes sentiments, ne vous donne quelque sorte d'affliction, et vous porte dans le desespoir de treuuer iamais le moyen de peser l'air : Voici ie vous prepare la consolation, et vous donne vn moyen, à mon aduis asseuré et facile : pour ce faire, prenés de la cire molle et aisée à receuoir toutes les formes,... faites-en deux pieces, de six poulces en quarré chacune, esgales en poids comme elles seront semblables en figure. Ne touchés rien à l'vne d'icelles : partagés l'autre par moitié, et en faites deux formes, à guise de coffrets, de six poulces pareillement en quarré, ayant dedans leur vuide. Contrepesés ces deux pieces creuses, mises sur vn bassin de la balance, à la premiere solide. Elles ne peseront pas tant, quoique vous n'en ayés rien diminué; et peseront toutes deux ensemble moins que la solide, de ce que pese l'air esgal en volume à l'vne desdites pieces : ainsi vous saurez combien pese six poulces d'air en quarré, puisque vous auez des balances si iustes que me mandés, et que la trente-deuxiesme partie d'vn grain fait tresbucher (3). » Jean Rey confond ici une boîte vide avec une boîte pleine d'air à la pression extérieure. Combien il eût été mieux inspiré en conseillant à Mersenne de sceller la pointe de sa fiole! Il y a toutefois

(1) *Essais*, p. 112.
(2) P. Duhem, *Le P. Marin Mersenne*, p. 48.
(3) *Essais*, p. 113.

un détail intéressant à relever : les balances de Mersenne étaient sensibles à « la trente-deuxiesme partie d'vn grain », ce qui vaut 1,6 milligramme. Les mit-il à l'épreuve pour essayer du procédé de son correspondant? Il n'y paraît pas. Mais les lignes suivantes, où Jean Rey se ressaisit, ont pu retenir utilement son attention.

« Ceci se manifeste plus clairement en pesant deux pieces de plomb ayant chacune vn pied de quarré, car leur poids estant esgal dans l'air, si on les balance vne piece estant dans l'air et l'autre dans l'eau, celle-ci monstrera peser moins de ce que pese l'eau esgalle d'vn volume à cette piece. Et de-là s'ensuit que, pour sauoir le poids de certain volume d'eau, de vin, d'huile ou telle autre liqueur, qu'il n'est pas necessaire de peser ces choses, ains seulement de voir le dechet qu'il y aura à la piece de plomb qui sera balancée dans l'eau, l'autre esgalle estant suspendue dans l'air. J'auois ietté dans mes *Essays* des semences qui, bien cultivées, eussent produit les fruits de cette doctrine, mesmement en mon XVe Essay où se lisent ces mots : « deux » lingots, l'vn d'or, et l'autre de fer, que la balance vous » monstre esgaux, ne le sont pas pourtant, car le fer pese plus de » ce que pese, selon la raison, l'air qui seroit contenu en la place » que le fer occupe plus que l'or. *Mais à bon entendeur, peu de* » *paroles* (1). »

Voilà la « semence » du procédé de la balance hydrostatique pour la détermination des densités des solides et des liquides; elle a été bien « cultivée », et son fruit porte parfois le nom de *Méthode de Mersenne*.

Cette lettre est la dernière que le Minime ait reçue du médecin du Bugue. Il allait bientôt recevoir de Ricci la copie des lettres où Torricelli décrivait l'*expérience du vide* et l'expliquait par la pesanteur de l'air, et entreprendre le voyage en Italie, au retour duquel il divulgua en France « non sans l'admiration de tous les savants et curieux », au témoignage de Pascal, cette célèbre découverte.

Elle occupera désormais son esprit; ce sera aux discussions qu'elle soulève et à l'étude des conséquences auxquelles peut conduire la relation entre la hauteur de la colonne barométrique, celle de l'atmosphère et le poids spécifique de l'air, qu'il consacrera les derniers efforts de son activité scientifique, et une bonne partie de son dernier ouvrage dont l'impression fut achevée le 1er octobre 1647 (2)?

(1) *Essais*, pp. 113-114.
(2) P. Duhem, *Le P. Marin Mersenne*, pp. 65 et suiv.

Le premier, il y décrit une expérience que Périer réalisera, à la demande de Pascal, le 19 septembre 1648, à la base et au sommet du Puy-de-Dôme. « Si le cylindre d'air, écrit Mersenne, est la cause du vide contenu dans le tube, ou de la suspension du vif-argent auquel il fait équilibre, il paraît que le cylindre de vif-argent sera de moindre hauteur, lorsqu'on observera au sommet d'une tour ou d'une montagne... Si l'on expérimentait... au sommet d'une montagne haute d'une lieue, le cylindre de mercure ne devrait plus mesurer qu'un pied et un demi-pouce. S'il n'en était pas ainsi, il faudrait en conclure que le cylindre d'air n'est pas l'explication de ce vide; à moins, cependant, que l'on ne prétende que la surface supérieure de l'air n'est point sphérique, mais qu'elle s'élève plus ou moins suivant la variété du relief du sol (1). »

Mersenne reproduit-il ici — sans en rien dire — la pensée d'autrui, ou a-t-il conçu spontanément l'idée de cette expérience? M. Duhem pense qu'elle est bien de lui. Qu'il ait été capable du raisonnement très simple que nous venons de reproduire, nul n'en doutera d'entre ceux qui l'ont assez étudié pour le connaître; nul non plus ne niera qu'il ait pu y être naturellement amené. Dès lors, la probité scientifique dont il ne s'est jamais départi, en un temps où elle était trop souvent méconnue, le soin qu'il met à citer ceux dont il s'inspire et le plaisir qu'il prend à les louer, nous autorisent à le croire sur parole quand il ne fait à personne l'honneur de cette idée et la tient pour sienne (2). Nous enregistrons cette opinion du savant professeur de Bordeaux, sans rappeler ici les difficultés qu'on lui oppose.

Mais Pascal et Descartes s'attribuent cette invention. Faut-il donc croire qu'ils ont subi l'influence de Mersenne? — Nullement, répond M. Duhem. « L'idée de cette expérience de contrôle est si simple qu'elle a pu s'offrir à l'esprit de nombreux physiciens, entre autres de Pascal et de Descartes (3). »

Mais il y a plus : Descartes soutient que c'est lui qui a suggéré cette idée à Pascal, « sans quoi il n'eût eu garde d'y songer, à cause qu'il étoit d'opinion contraire »; tandis que Pascal laisse croire et, après la mort de Descartes, déclare formellement qu'il n'en est rien : « il est véritable, écrit-il, et je le dis hardiment,

(1) Voir ces citations — que nous abrégeons beaucoup — dans les articles ou la brochure de M. Duhem, *loco citato*. Le P. Mersenne est mort le 1er septembre 1648, quelques jours avant l'expérience du Puy-de-Dôme.

(2) P. Duhem, *ibid.*

(3) P. Duhem, *ibid.*, p. 79.

que cette expérience (du Puy-de-Dôme) est de mon invention ». De ces assertions contraires, ne faut-il pas conclure que Descartes ou Pascal ont sciemment altéré la vérité?

Les débats qu'a soulevés ce procès en fourberie viennent de se rouvrir avec fracas. En attendant que le moment soit venu d'en tirer les conclusions, jetons un rapide coup d'œil sur les antécédents et la marche de cette nouvelle « affaire ».

A la fin du XVIIe siècle, Baillet, dans sa *Vie de Descartes*, écrivait : « L'expérience du Puy-de-Dôme fut faite sur les avis de M. Descartes, quoique M. Pascal l'ait dissimulé » ; et personne, semble-t-il, ne protesta.

Montucla, dans son *Histoire des Mathématiques* (Paris 1758), reprend la question et la tranche en faveur de Descartes (1). Son avis fit autorité et fut souvent reproduit.

Toutefois, le discrédit du cartésianisme fit tort à la réputation de son auteur ; en même temps l'admirable clarté et l'extrême précision des traités posthumes de Pascal le faisaient regarder comme l'initiateur, en France, de la physique expérimentale. Dès lors, des admirateurs enthousiastes de « cet effrayant génie qui se nommait Blaise Pascal » veulent ignorer une revendication qui amoindrit leur héros. Toute critique est injuste qui trouble l'apothéose. Pascal, seul capable d'avoir imaginé l'expédition du Puy-de-Dôme, est victime du dépit et de l'envie quand on la lui conteste.

Aujourd'hui, Pascal conserve de doctes partisans (2), mais Descartes a rallié de savants défenseurs (3). L'histoire, qui parle dans le livre de J. Bertrand, *Blaise Pascal* (4), avec une impartialité courtoise et une critique respectueuse, nous présente, du difficile problème, une solution moyenne dont on voudrait pouvoir se contenter (5). Le savant secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences s'incline comme il convient, sans superstition, devant ce « grand dignitaire dans le monde des esprits » ; mais

(1) Seconde partie, t. II, p. 205 de l'édit. de l'an VII.

(2) Ch. Thurot, JOURNAL DE PHYSIQUE, t. I, pp. 171 et 267 ; Havet, *Descartes et Pascal*, REVUE POLITIQUE ET LITTÉR., août 1885 ; etc.

(3) Millet, *Descartes depuis 1637*, Paris, 1870 ; Nourrisson, *Pascal Physicien et Philosophe*, Paris, 1885 ; etc.

(4) Paris, Calman-Lévy, 1891.

(5) Ravaisson (*La Philosophie de Pascal*, REVUE DES DEUX MONDES, 15 mars 1887, p. 420) et Adam (*Pascal et Descartes. Les expériences du vide*, REVUE PHILOSOPHIQUE, décembre 1887 et janvier 1888) ont exprimé une opinion analogue : L'idée de l'expérience de contrôle vint à Descartes sans

le Pascal qu'il nous montre n'est plus celui de la préface que Gilberte Pascal a écrite pour les traités posthumes de son frère et dont s'est inspiré l'auteur du *Génie du Christianisme*. S'il reste grand, il cesse d'être prodigieux; si sa probité scientifique demeure intacte, elle ne brille pas au point de rendre superflue la peine de la démontrer, et inutile l'appel aux circonstances atténuantes. « Je sais et ne dois pas taire, écrit J. Bertrand en parlant de l'expérience qui nous occupe, que l'on rencontre dans les œuvres de Descartes des passages favorables à ses prétentions; ils prouvent sa bonne foi; ceux que j'ai réunis permettent de croire à celle de Pascal (1) ». — La bonne foi de Descartes est « prouvée »; mais il serait arrivé au créateur des tourbillons de divaguer en parlant du plein et du vide : c'est ce qui « permet de croire » à celle de Pascal. On le voit, le charme est rompu. Pour peu qu'on veuille lire entre les lignes, on conclura que c'est à Descartes, comme on l'a cru dès le XVIIe siècle, que l'on doit l'idée de l'expérience du Puy-de-Dôme.

Dans sa belle étude sur le P. Marin Mersenne, que nous avons citée plusieurs fois, M. Duhem développe une opinion voisine dont l'honneur de Pascal s'accommoderait mieux : « Nul homme vraiment intelligent, dit-il, n'a pu méditer avec quelque attention la théorie de Torricelli sans découvrir ce moyen de la contrôler. Il est bien certain que Descartes dut songer à cette épreuve aussitôt que Mersenne eut refait sous ses yeux l'*expérience d'Italie*. Il n'est pas douteux non plus que Pascal, que cette expérience préoccupait depuis longtemps, n'eût déjà formé le projet de l'expérience du Puy-de-Dôme; pour concevoir ce projet, il n'avait pas eu besoin, assurément, de bander tous les ressorts de son prodigieux génie. » Et M. Duhem ajoute cette réflexion : « Comme Descartes avait conçu sans le secours d'autrui l'idée de cette même expérience, il en conclut que nul n'avait pu l'imaginer sans son secours; son orgueil démesuré avait de ces façons de raisonner (2). »

Ce serait au contraire la rouerie de Pascal qui aurait tous les torts, si on en croit l'impitoyable censeur qui rouvre aujourd'hui

qu'elle lui eût été suggérée par personne, et il la proposa à Pascal sans qu'il se doutât que celui-ci pouvait l'avoir eue de son côté. P. Tannery (*Descartes Physicien*, REVUE DE MÉTAPHYSIQUE ET DE MORALE, 1896, p. 486) est beaucoup moins assuré de l'indépendance de l'invention de Pascal : « Entre la véracité de l'auteur des *Provinciales*, et celle de Descartes, dit-il, j'ai certainement beaucoup plus de confiance dans la seconde. »

(1) *Blaise Pascal*, p. 313.

(2) P. Duhem, *Le P. Marin Mersenne*, pp. 76-77.

le débat. Dans une série d'articles (1) qui sont moins une revendication des droits de Descartes qu'une enquête sur les agissements de son compétiteur, M. F. Mathieu prétend établir que Pascal, dans la plus retentissante de ses tentatives scientifiques, a manqué totalement d'honnêteté si, vraiment, il a voulu, non jouer pour lui seul une comédie ridicule, mais l'offrir au public comme un drame historique. Qu'on en juge par la conclusion de ces articles : « La lettre que Pascal dit avoir écrite, le 15 novembre 1647, à son beau-frère Périer, pour le prier de monter sur le Puy-de-Dôme, est un faux, et ce faux est le couronnement de tout un système d'artifices par lequel Pascal a tenté de s'approprier l'hypothèse de la pression atmosphérique, que nous devons à Képler, Isaac Beeckman, Baliano et Torricelli, et a réussi à s'approprier les inventions qui apportèrent la vérification expérimentale de cette hypothèse : l'expérience du vide dans le vide, qui appartient à Auzout, et l'idée de l'expérience du Puy-de-Dôme, qui appartient à Descartes. »

Et ce Pascal, accusé de faux artificieusement machinés, est l'austère redresseur de torts qui a écrit : « Je puis dire devant Dieu qu'il n'y a rien que je déteste davantage que de blesser tant soit peu la vérité ; et j'ai toujours pris un soin très particulier non seulement de ne pas falsifier, ce qui serait horrible, mais de ne pas altérer ou détourner le moins du monde le sens d'un passage. De sorte que si j'osais me servir en cette rencontre des paroles du même saint Hilaire, je pourrais bien vous dire avec lui : « Si nous disons des choses fausses, que nos dis- » cours soient tenus pour infâmes (2) ». Mais ce même Pascal est aussi l'auteur de l'*Histoire de la Roulette*, le lutteur violent et peu probe — il faut bien en convenir — dont les lettres privées démentaient les publications (3). Si cette révélation fit jadis moins de bruit que l'accusation formulée aujourd'hui par M. Mathieu, c'est, peut-être, parce que l'auteur des *Provinciales* se jouait là d'un jésuite. La vérité va-t-elle cette fois crever les yeux et faudra-t-il renvoyer à Pascal physicien, les épithètes malsonnantes que lui-même prodigua, sans justice, à Torricelli et à Lalouère? .

(1) *Pascal et l'expérience du Puy-de-Dôme* ; REVUE DE PARIS, 1er et 15 avril et 1er mai 1906.

(2) Onzième Provinciale.

(3) Voir la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, *Mélanges. Fragments inédits de Pascal.* 1re série, t. V, pp. 693-698.

L'étude de M. Mathieu est incontestablement d'un érudit qui a fouillé tous les recoins de son sujet et donne l'impression de l'avoir épuisé. On y a vu du parti-pris : il ne nous paraît pas évident; de la passion : il y en a dans le ton, mais nous n'oserions dire qu'elle a égaré les recherches et faussé les interprétations. Si l'on hésite à se déclarer convaincu, c'est moins par crainte de partialité ou pour l'insuffisance des preuves que devant la gravité des conclusions. Sans doute, à des arguments qui paraissent probants, à d'ingénieuses présomptions qui semblent presque des preuves, se mêlent des appréciations douteuses et quelques inexactitudes; mais celles que découvre une première lecture n'entament pas, semble-t-il, le fond du débat. Y en a-t-il d'autres, et, s'il y en a, ont-elles pu troubler la clairvoyance, grossir les incidents, trahir la signification des faits en amenant à les grouper artificiellement? C'est possible et c'est pourquoi, avant de se rendre, on souhaite pouvoir débarrasser les textes de leurs commentaires et les relire à leur place pour en subir l'influence immédiate; au moins on attend la contradiction. Elle n'a pas tardé à se produire (1).

Dans son étude sur le P. Mersenne, M. Duhem rencontre les articles de M. Mathieu. Il y relève, pour la contredire, l'interprétation d'une des expériences de Pascal, la sixième des *Expériences nouvelles* de 1647; et il s'attache surtout à montrer combien l'opinion que l'auteur s'est faite du P. Mersenne — esprit médiocre et inconsistant, capable tout au plus de faire écho tour à tour aux idées de Roberval et de Descartes — est éloignée de la vérité. Ici la cause est en partie gagnée : M. Mathieu a reconnu de très bonne grâce son « injustice », mais il maintient que le savant Minime n'a pas présenté comme sienne l'idée de « l'expérience de contrôle ». Quant à Pascal, M. Duhem n'entreprend pas directement sa défense, étrangère à son sujet que clôt le décès de Mersenne.

M. L. Brunschvicg l'a prise à cœur dans un article intitulé *A propos de Pascal et de l'expérience du Puy-de-Dôme* (2). C'est la réponse la plus sérieuse qui ait été faite jusqu'ici à l'étude de M. Mathieu; nous voudrions pouvoir ajouter qu'elle est péremptoire.

Signalons aussi les articles de M. Abel Lefranc : *Défense de*

(1) Parmi les articles qu'il nous a été donné de lire jusqu'ici, nous signalerons seulement les plus importants; il en est d'autres, simples comptes rendus pour la plupart, qui n'ajoutent rien à ceux-ci.

(2) Correspondance. Union pour la Vérité. Première année, 1906, n° 2.

Pascal. Pascal est-il un faussaire? (1) : ils sonnent creux et s'attachent à des détails de moindre importance ; moins d'éclats de voix et de gestes exubérants siérait davantage ; il faut toutefois les lire si l'on veut suivre le développement de ces polémiques.

Enfin on trouve un bon exposé du débat, par M. A. Rey, dans la REVUE DE SYNTHÈSE HISTORIQUE, 1906, n° 38.

M. F. Mathieu a commencé de répondre à ses contradicteurs (2). Sans attendre qu'il eût fini, M. L. Brunschvicg est revenu à la charge dans le JOURNAL DES DÉBATS, du 1er mai. Cet article intitulé *Pascal a-t-il volé Auzout?* porte l'attaque au cœur même de la controverse : y a-t-il une expérience du vide dans le vide, ou y en a-t-il deux, l'une de Pascal, en 1647, l'autre d'Auzout, en 1648? C'est bien la question capitale, dont la solution tranchera le débat.

On en est là (3). Le moment n'est pas venu d'entrer au détail ; d'ailleurs, avant de songer à dégager des conclusions, il faut laisser le temps de se dissiper aux nuages de poussière qu'ont soulevés un peu de chicane et quelques poings. En attendant, réservons notre jugement et souhaitons que l'honneur de Pascal sorte indemne de la mêlée. C'est trop déjà qu'on ait pu l'attaquer et qu'il semble malaisé de le défendre.

En terminant, revenons à Jean Rey, pour demander que son nom soit joint désormais à ceux d'Isaac Beekman, de Baliano, de Galilée, de Torricelli, de Mersenne, de Descartes et de Pascal, dans l'histoire des efforts qui nous ont valu la connaissance de la pesanteur de l'air et de la pression atmosphérique.

J. THIRION, S. J.

(1) REVUE POLITIQUE ET LITTÉRAIRE (Revue Bleue), 11, 18, 25 août et 8 septembre 1906. Ces articles ont été imprimés à part, sous le même titre : éditions de la REVUE POLITIQUE ET LITTÉRAIRE (Revue Bleue) et de la REVUE SCIENTIFIQUE, 41bis, rue de Châteaudun, Paris. Une brochure de 74 pages.

(2) REVUE DE PARIS, 1er et 15 mars, 1er avril 1907 ; au moment où nous écrivons ces lignes, cette nouvelle série d'articles n'est pas terminée.

(3) Nous corrigions les épreuves de cette notice quand la REVUE SCIENTIFIQUE du 22 juin 1907 a publié un article de M. Milhaut, que les arguments de M. Mathieu n'ont pas convaincu : *Pascal et les expériences dans le vide.* Nous présenterons aux lecteurs de la REVUE une étude sur l'ensemble de ces travaux dans la livraison d'octobre.

BIBLIOGRAPHIE

I

Les Équations aux dérivées partielles a caractéristiques réelles, par R. d'Adhémar. Un vol. in-8° de 86 pages (Collection *Scientia*, série physico-mathématique, n° 29). — Paris, Gauthier-Villars.

Le problème de trouver l'intégrale générale d'une équation aux dérivées partielles du second ordre étant presque toujours impraticable, on lui en a depuis longtemps substitué un autre plus restreint, celui de déterminer l'intégrale par des conditions aux limites données. On s'est aperçu tout de suite qu'on pouvait traiter la question à deux points de vue radicalement différents : le point de vue réel et le point de vue analytique. Au point de vue analytique, une intégrale est déterminée, comme l'a montré Cauchy, si l'on donne une courbe sur l'intégrale et le plan tangent le long de la courbe. La recherche de cette intégrale particulière constitue le *problème de Cauchy*. Au point de vue des variables réelles, une intégrale peut être déterminée par ses valeurs sur un contour fermé. C'est le point de vue ordinaire de la physique mathématique ; l'intégration de l'équation de Laplace en est l'exemple le plus important et elle est devenue célèbre sous le nom de *problème de Dirichlet*.

Ces deux problèmes, le problème réel et le problème analytique, se posent encore aujourd'hui avec des caractères bien tranchés. Mais, depuis une vingtaine d'années, grâce aux travaux de MM. Darboux, Picard, Goursat, Hilbert et de bien d'autres, les deux problèmes se sont singulièrement élargis et, dans le domaine réel en particulier, une série d'équations spéciales ont été intégrées sous la forme la plus élégante.

Le moment semble donc venu de réunir ces différents résultats dans un tableau qui montre le chemin parcouru. Personne n'était plus indiqué que M. R. d'Adhémar pour entreprendre cette tâche. Guidé par les maîtres mêmes auxquels la théorie doit ses plus grands progrès, il lui a encore apporté par lui-même des compléments essentiels. Son livre clair, concis et suggestif sera lu avec autant d'intérêt que de fruit, par ceux qui désirent s'initier aux derniers progrès de cette théorie. Ils verront le vaste champ qui s'ouvre aux chercheurs et qui paraît tenir encore en réserve une ample moisson de découvertes.

L'ouvrage est divisé en trois parties dont voici un court résumé, laissant bien des questions de côté :

Le premier chapitre consacré aux équations du premier ordre est une sorte d'introduction. L'auteur s'attache particulièrement aux notions qui seront généralisées : le *théorème d'existence* de Cauchy et les *caractéristiques* qui sont des multiplicités d'exception pour ce théorème.

Dès le second chapitre, l'auteur aborde les *équations du second ordre à deux variables* et pénètre au cœur de son sujet. La notion fondamentale est celle des caractéristiques dont la théorie a été fondée par M. Goursat. M. d'Adhémar l'expose en quelques pages avec une parfaite clarté, démontrant d'abord le théorème d'existence de Cauchy, puis le théorème de M. Goursat. Ce dernier théorème met en pleine lumière le caractère d'exception des caractéristiques par rapport au théorème de Cauchy : *Par une caractéristique d'ordre 2, il passe une infinité d'intégrales ayant entre elles tout le long de la courbe un contact d'ordre aussi élevé qu'on veut.*

Vient ensuite le théorème de M. Riquier pour les équations à caractéristiques réelles, c'est un théorème d'existence dans le domaine analytique comme celui de Cauchy, mais qui montre bien le chemin parcouru depuis les travaux du grand géomètre : *Pour les équations à caractéristiques réelles (au besoin avec une condition de plus), on peut déterminer une solution passant par deux courbes qui se coupent.*

Jusqu'à présent l'auteur est resté dans le domaine analytique. Au chapitre III nous entrons dans le domaine réel. Le mode de représentation doit devenir plus général : ce sera l'intégrale de contour dans la méthode de Riemann, la série de fonctions dans les approximations successives de M. Picard. Les deux méthodes sont d'ailleurs nécessaires et se complètent admirablement dans l'intégration de l'équation

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} + a\frac{\partial z}{\partial x} + b\frac{\partial z}{\partial y} + cz = o.$$

L'auteur fait parfaitement ressortir l'élégance de la solution et il y a d'ailleurs contribué par l'introduction de la dérivée conormale qui précise d'une manière singulièrement intuitive les formules utilisées.

Nous arrivons maintenant à la seconde partie de l'ouvrage, divisée en deux chapitres. Le premier contient l'esquisse d'une théorie générale des caractéristiques pour l'équation à n variables d'après les travaux de MM. Hadamard et Beudon. Le second est consacré à une équation particulière à trois variables indépendantes que M. d'Adhémar appelle l'*équation des ondes généralisées*, à savoir

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = f(x, y, z).$$

M. d'Adhémar a apporté une importante contribution à la théorie de cette équation. La méthode d'intégration, aussi ingénieuse qu'intéressante dans sa forme et dans ses résultats, est due à M. Volterra. L'auteur l'expose en lui apportant tout d'abord une simplification formelle importante par l'introduction de la dérivée conormale. La méthode de Volterra fournit la solution *supposée existante* sous forme de dérivée d'intégrales multiples. Mais il restait à faire de cette méthode une *démonstration d'existence*. L'honneur en revient à M. d'Adhémar et, si la découverte de la solution comporte peut-être un plus grand mérite d'invention, la *synthèse* faite par M. d'Adhémar est assurément un problème plus délicat, dont la difficulté avait déjà été signalée plusieurs fois par M. Hadamard. L'auteur arrive au but en considérant ces *parties finies* d'intégrales infinies auxquelles M. Hadamard a été également conduit.

La troisième et dernière partie est un résumé des derniers travaux de MM. Leroux, Delassus, Bianchi, Nicoletti, Tedone, Coulon, Hadamard et l'on y trouvera, en plus, une foule de remarques instructives et de rapprochements intéressants.

Ch.-J. de la Vallée Poussin.

II

Theorie des Integrallogarithmus und verwandter Transzendenten, par le Dr Niels Nielsen. Un vol. in-8° de VI-106 pages. — Leipzig, Teubner, 1906.

Dans son *Handbuch der Theorie der Gammafunktion*, l'auteur a étudié la fonction

$$Q(x, \nu) = \int_x^\infty e^{-t} t^{\nu-1}\, dt$$

considérée comme fonction de ν, x étant regardé comme paramètre. Il a exclu systématiquement la considération de $Q(x, \nu)$ comme fonction de x. Il entreprend cette étude dans la présente monographie en la limitant aux cas particuliers remarquables, $\nu = 0$ et $\nu = 1/2$, qui fournissent le logarithme intégral $li(e^{-x})$ et la transcendante $L(x)$ de Kramp. L'analogie de $li(e^{-x})$ avec e^{-x} pour de grandes valeurs de x, l'amène à définir les fonctions $ci(x)$ et $si(x)$, cosinus et sinus intégral, par la relation

$$ci(x) \pm i\, si(x) = li\left(e^{\pm ix}\right).$$

La même analogie fait dériver de $L(x)$ les fonctions $C(x)$ et $S(x)$ (Fresnel).

Ces six transcendantes font l'objet de la présente étude.

La méthode et l'esprit des ouvrages similaires du même auteur sont assez connus pour que nous n'ayons pas à y revenir. Bornons-nous à donner un aperçu des matières traitées.

Chapitre I : Définitions et propriétés analytiques des six transcendantes; leur différentiation et leur intégration; relations avec la série logarithmique. — Chapitre II : Représentations d'intégrales au moyen des transcendantes. — Chapitre III : Séries asymptotiques et fractions continues. — Chapitre IV : Intégrales définies. Analogues des intégrales d'Euler et de Laplace-Abel. Intégrales de fonctions cylindriques. — Chapitre V : Développements en série. — Chapitre VI : Calcul numérique des six transcendantes; formules d'addition; tables; relations avec la théorie des nombres. — Bibliographie. — Index alphabétique.

F. W.

III

Les Carrés Magiques, par F. Riollot, Ingénieur civil des mines. Un vol. in-8° de IV-119 pages avec 311 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1907.

Parmi ce qu'on est convenu d'appeler les Récréations arithmétiques, la question des carrés magiques jouit d'une faveur toute spéciale auprès des amis des nombres; elle a eu le privilège de séduire des mathématiciens de grand renom, comme Euler, comme Fermat, qui ne connaissait « rien de plus beau en l'Arithmétique ». De nos jours, elle a provoqué, en grand nombre, de curieuses recherches parmi lesquelles celles d'Édouard Lucas, cet étonnant *vir arithmeticus*, méritent une mention spéciale. La littérature qu'elle a fait naître est déjà fort copieuse. A son tour, M. Riollot a entrepris d'en donner un exposé d'ensemble qu'il a réussi à faire remarquablement clair, méthodique et complet non moins d'ailleurs que concis; ce sont toutes les qualités qu'on peut réclamer d'un ouvrage de cette sorte.

M. O.

IV

Edward V. Huntington. — La Kontinuo. — Elementa teorio stagirita sur la ideo de ordo kun aldono pri transfinitaj nombroj. Tradukita de la angla lingvo kun la permeso de la autoro de Raoul Bricard. Un vol. in-8° de 125 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1907.

Nous tenons à signaler ce petit volume, excellent résumé de la théorie du continu, telle qu'elle est sortie principalement des travaux de Dedekind et de Cantor, moins encore pour son contenu même que parce qu'il constitue un exemple à encourager d'une intéressante publication scientifique en esperanto.

Comme il ne s'agit d'ailleurs pas d'une œuvre originale, mais d'un travail de vulgarisation, nous nous bornerons à reproduire les titres des chapitres : Sur les classes en général. — Sur les classes simplement ordonnées ou séries. — Séries discrètes : spécialement le type des entiers naturels. — Séries denses : spécialement le type des nombres rationnels. — Séries continues : spécialement le type des nombres réels. — Séries continues à

plusieurs dimensions, avec une note sur les classes multiplement ordonnées. — Appendice sur les séries normales (ou classes bien ordonnées) et les nombres transfinis de Cantor.

Ajoutons que la rédaction primitive a paru dans la revue américaine Annals of Mathematics (juillet et octobre 1905).

G. Lechalas.

V

Leçons de Mécanique céleste, par H. Poincaré, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris. Tome II, 1re Partie : Développement de la fonction perturbatrice. Un vol. in-8° de 165 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1907.

Le plan général de l'ouvrage a été indiqué à l'occasion du Tome I (1); il nous suffira de dire ici en quelques mots le contenu de ce nouveau fascicule, tout entier consacré au développement de la fonction perturbatrice. L'auteur ayant précédemment montré, lorsqu'on a fait choix d'un certain système de variables képlériennes, sous quelle forme se présente le développement de la fonction perturbatrice, aborde maintenant le calcul effectif de ce développement. Le problème offre d'ailleurs des aspects variés, qu'il a soin, tout d'abord, de mettre en évidence, suivant que l'on adopte comme variables képlériennes soit le système des éléments elliptiques (le plus communément employé par les astronomes), soit l'un des systèmes d'éléments canoniques envisagés au Tome I.

La première chose à faire consiste à exprimer les coordonnées rectangulaires, ou polaires, des planètes en fonction de l'un quelconque de ces systèmes d'éléments osculateurs ; cela exige l'introduction des fonctions de Bessel dont M. Poincaré établit les propriétés fondamentales avec l'élégance dont il a le secret.

L'auteur développe ensuite quelques considérations générales au sujet du développement de la fonction perturbatrice, en commençant par sa partie principale qui fait naître le problème le plus difficile. D'ailleurs, bien qu'il puisse se déduire de celui de la partie principale, le calcul de la partie complémentaire est ici abordé directement ; il en résulte une plus grande facilité.

L'extrême difficulté du problème a conduit à en sérier la solution selon diverses hypothèses simplificatives. La première

(1) Livraison d'octobre 1905, p. 616.

consiste à supposer nulles à la fois les deux excentricités et l'inclinaison mutuelle des orbites; c'est dans l'analyse correspondante que s'introduisent les coefficients de Laplace. Lorsque, les excentricités étant toujours nulles, l'inclinaison devient quelconque, la solution repose sur la considération des polynômes de Tisserand qui apparaissent comme cas particulier de la série hypergéométrique à deux variables de M. Appell. Enfin, pour le cas où, les excentricités n'étant pas nulles, on se propose de développer la partie principale de la fonction perturbatrice suivant les puissances de ces excentricités, M. Poincaré développe la solution de Newcomb fondée sur l'emploi de certains opérateurs symboliques.

La question capitale, celle de la convergence des séries obtenues, est approfondie suivant la méthode de Cauchy, avec cette maîtrise qu'on ne se lasse pas d'admirer chez M. Poincaré. Et cette brillante analyse est développée dans un ouvrage qui, aux yeux de son auteur, ne dépasserait pas le cadre d'un simple exposé didactique! Mais elle porte la griffe du maître.

L'auteur aborde ensuite l'étude analytique des coefficients des développements de la fonction perturbatrice, soit suivant les anomalies excentriques, soit suivant les anomalies moyennes, lorsque l'on considère ces coefficients comme fonctions des éléments (grands axes, excentricités, inclinaisons); il forme les équations différentielles ainsi que les relations de récurrence auxquelles ils satisfont, et dont il estime que l'on pourra tirer un heureux parti pour le cas où les excentricités sont nulles. Pour le cas général, il serait utile de chercher à abaisser l'ordre de ces équations, ce que l'on peut espérer voir résulter d'une étude plus approfondie des périodes de l'intégrale double.

Quant au calcul numérique des coefficients, effectué indépendamment de leur développement analytique (qui exige un trop grand nombre de termes), il se ramène à celui d'intégrales doubles pouvant se résoudre par quadratures mécaniques. Un perfectionnement très appréciable consiste à ne faire porter ces quadratures mécaniques que sur des intégrales simples. Tel est le but des méthodes de Hansen, de Cauchy et de Jacobi, dont l'auteur fait admirablement saisir l'essence. Il donne, en outre, de très intéressantes indications sur une méthode de calcul fondée sur les propriétés des fonctions elliptiques.

On peut enfin être amené à rechercher directement une valeur approchée du coefficient d'un terme élevé, soit pour apprécier la rapidité de la convergence des séries, soit pour étudier certaines

perturbations. Pour un tel calcul, M. Poincaré emploie la méthode donnée par M. Darboux pour le calcul des fonctions de très grands nombres, et résume les résultats obtenus par MM. Flamme, Féraud, Hamy et Coculesco.

L'attrait des beaux problèmes traités dans cet ouvrage s'accroît de celui qui s'attache aux solutions, d'une profondeur en même temps que d'une élégance impossibles à surpasser, qu'en donne l'illustre professeur de la Sorbonne; et ce premier fascicule du Tome II n'est pas fait pour amoindrir l'impression causée par la lecture du Tome I et que nous avions essayé de rendre précédemment.

M. O.

VI

Die Kegelschnitte des Gregorius a St. Vincentio in vergleichender Bearbeitung von Karl Bopp (1). Un vol. in-8° de 227 pages. — Leipzig, Teubner, 1907.

Le volume que nous présentons au lecteur est le travail le plus important publié sur l'histoire des mathématiques en Belgique, depuis l'édition de la Correspondance de Sluse par M. Le Paige. M. Bopp nous apprend, dans son introduction, que son attention a été appelée, par M. Maurice Cantor lui-même, sur l'utilité d'une étude approfondie de Grégoire de Saint-Vincent (2). C'est que le géomètre brugeois n'a jamais été beaucoup lu. Et cependant Leibniz ne craint pas, on le sait, d'écrire à deux reprises différentes que Grégoire est l'égal de Fermat et de Descartes (3). Jugement étrange, aux yeux de plusieurs historiens! Exagération pure, disent même d'autres! Tel Maximilien Marie, par exemple, se moquant de Quetelet « qui fait presque un grand homme de Grégoire de Saint-Vincent », et traitant cette appréciation de l'écrivain belge d'illusion due « au patriotisme local » (4).

(1) Ce volume forme le deuxième fascicule (pp. 87-314) du tome XX des Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen begründet von Moritz Cantor.

(2) La Société scientifique de Bruxelles vient, dans la session de Pâques 1907, de mettre le sujet au concours.

(3) Cahier de juin 1684 des *Acta Eruditorum*, pp. 297 et 298; et documents publiés par Gerhardt dans son article *Leibniz in London*, Sitzungsberichte der königlich preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Berlin, 1891, p. 171.

(4) *Histoire des sciences mathématiques et physiques en Italie*, t. 3. Paris, 1883, p. 193.

Chasles, d'une tout autre autorité que Marie, tient, au contraire, dans son *Aperçu historique*, un langage très différent. Il admire le *Problema austriacum* et engage les jeunes mathématiciens à le lire, « car plusieurs des belles découvertes de Grégoire, dit-il, leur paraîtront encore nouvelles » (1).

Pourquoi cet avis a-t-il été si peu écouté jusqu'ici? Pourquoi Chasles lui-même, si érudit en tout ce qui touche l'histoire des coniques, semble-t-il s'être contenté de stimuler les autres, sans suivre bien sérieusement son propre conseil? En un mot, pourquoi la lecture du *Problema Austriacum* a-t-elle, de tout temps, rebuté tout le monde?

« La forme absolument incommode donnée par Grégoire à son volume, répond M. Bopp, peut seule expliquer le peu d'influence exercée sur le développement de la science par un ouvrage aussi original et aussi remarquable. »

Le savant privat-docent d'Heidelberg a raison.

Pour ma part, je ne connais guère de volume plus désagréable à manier que l'énorme et pesant in-folio de 1225 pages publié par Grégoire.

Mais ce format malheureux n'est pas la cause adéquate du discrédit dont le *Problema austriacum* ne s'est jamais totalement affranchi. Viète, par exemple, est-il d'une lecture moins insupportable que Grégoire de Saint-Vincent? Mais rien n'a évidemment compromis davantage le succès de l'ouvrage de Grégoire, que le titre ronflant dont il eut la maladresse de l'affubler : *Problema Austriacum, plus ultra, quadratura circuli* (2).

En fait, le *Problema austriacum*, divisé en dix livres, traite des sujets les plus divers. La quadrature du cercle est l'objet propre du livre X, mais il en est assez peu question dans le reste

(1) P. 91, en note.

(2) Voici ce titre au complet. Titre de départ : *P. Gregorii a S^to Vincentio opvs geometricvm qvadratvrae circvli et sectionum coni decem libris comprehensum.*

Titre gravé : *Problema Arstriacvm Ptvs Vltra Qvadratvra Circvli Avctore P. Gregorio a S^to Vincentio Soc. Iesu.* Antverpiae, Apud Ioannem et Iacobvm Mevrsios, Anno M.DC.XLVII. Cum privilegio Caesareo et Regis Hispaniarum.

Il faut dire à la décharge de Saint-Vincent que ce titre est probablement beaucoup moins son fait que celui de l'admiration, compromettante pour lui, de ses élèves. J'ai insisté ailleurs sur la collaboration de ceux-ci à l'édition du *Problema Austriacum (Documents inédits sur Grégoire de Saint-Vincent.* ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE, t. XXVII, p. 21). Je saisis cette occasion pour remercier vivement M. Bopp de la manière dont il parle de mes deux mémoires sur Grégoire de Saint-Vincent.

de l'ouvrage. Or ce livre X, cela va de soi, est raté. D'autre part, à une époque où la quadrature du cercle passionnait encore tous les mathématiciens, c'est sur le livre X qu'ils se jetaient tout d'abord. Déçus dans leur curiosité, quoi de plus naturel pour eux que de fermer le volume sans se mettre en peine de le lire en entier?

Dans son travail, M. Bopp s'en tient exclusivement à la théorie des coniques, qui forme l'objet des livres IV, V et VI du *Problema austriacum*, et nous en donne une analyse presque proposition par proposition. On peut dire que désormais les coniques de Grégoire sont connues. Désormais on s'explique aussi l'admiration de Leibniz pour le géomètre brugeois, car l'ouvrage de M. Bopp est une vraie révélation.

Les coniques furent peu étudiées antérieurement à Kepler et on ne soupçonnait pas l'importance de ces courbes en astronomie. Saint-Vincent s'en occupa l'un des premiers; il ne faut pas le perdre de vue si on veut apprécier son mérite. Au moment où il écrivait, la théorie des coniques se réduisait aux quatre premiers livres d'Apollonius, dont la meilleure édition, celle de Commandin, était fort défectueuse.

Non seulement Saint-Vincent retrouve par des méthodes personnelles les principaux théorèmes, encore inconnus à son époque, énoncés par Apollonius dans les derniers livres de ses *Coniques* (1), mais il découvre en outre d'innombrables propriétés de ces courbes ignorées par le géomètre grec.

Les bornes imposées à ce compte rendu me défendent de m'y arrêter; mais pour donner cependant quelque idée de leur originalité et de leur imprévu, voici un aperçu, en langage moderne, de la méthode que M. Bopp propose de nommer, avec Grégoire de Saint-Vincent, « transformatio per subtensas », transformation par les cordes.

« On donne une conique et un de ses axes de symétrie. Par un point mobile pris sur la conique, on porte en ordonnée perpendiculaire à partir de l'axe, la distance de ce point mobile à un point fixe pris sur l'axe. On demande le lieu décrit par l'extrémité de cette ordonnée. »

Ce lieu, dit Grégoire, est en général une nouvelle conique. Et en effet, soient x, y, les coordonnées d'un point du lieu, x, Y,

(1) Le livre 8 est perdu. Quant aux livres 5-7, ils furent publiés pour la première fois, en 1661, à Florence, par Borelli, dans son *Apollonii Pergaei Conicorum lib. V, VI, VII et Archimedis assumptorum liber.*

celles du point mobile de même abscisse pris sur la conique, d, O, celles du point fixe de l'axe. On a, par hypothèse,

$$y^2 = (x - d)^2 + Y^2.$$

D'autre part, l'équation d'une conique rapportée à un de ses axes et à la tangente au sommet est de la forme

$$Y^2 = ax^2 + bx.$$

Éliminant Y^2 entre ces deux équations, il vient

$$y^2 = (x - d)^2 + ax^2 + bx$$

ce qui démontre le théorème.

Grégoire de Saint-Vincent discute ce résultat très en détail, dans le style du temps. Mais ce qui est absolument nouveau au moment où il écrit, c'est qu'il déduit systématiquement la nature de la conique obtenue, de la forme de l'équation de cette conique.

A ce point de vue, dit M. Bopp, à l'égal de ses illustres contemporains Descartes et Fermat, Grégoire de Saint-Vincent doit être regardé comme l'un des créateurs de la géométrie analytique.

Je l'ai rappelé ci-dessus, c'était précisément l'avis de Leibniz.

Au cours de cette discussion, Saint-Vincent fait une découverte des plus remarquables. Il observe que les foyers de l'ellipse et de l'hyperbole jouissent de propriétés toutes spéciales. En effet, quand le point (d, O) est un foyer, l'expression

$$(x - d)^2 + ax^2 + bx$$

est un carré parfait, et le lieu obtenu se réduit à deux droites.

Mais puisque $ax^2 + bx = Y^2$, reconnaître que

$$(x - d)^2 + ax^2 + bx$$

est un carré parfait, n'est-ce pas être bien près d'exprimer que la distance d'un point d'une conique au foyer est une fonction rationnelle, entière et du premier degré des coordonnées de ce point? Sous cette forme tout à fait explicite, le théorème est, il est vrai, d'Euler, qui l'a donné un siècle plus tard, en 1748, dans son *Introductio in analysim infinitorum*. Loin de moi de vouloir lui en contester la paternité. Saint-Vincent écrivant au milieu du XVIIe siècle ne pouvait avoir l'idée d'une formule de ce genre. Il trouve un théorème équivalent et l'exprime

dans le langage de son époque. Même réduit à ces proportions, le fait mérite notre admiration.

Il y a plus. Apollonius, dans ses *Coniques,* ne parle pas du foyer de la parabole. Non seulement Grégoire de Saint-Vincent découvre l'existence de ce point, mais par sa *transformatio per subtensas*, il lui reconnaît d'emblée des propriétés analytiques analogues à celles des foyers de l'ellipse et de l'hyperbole.

Un vœu, enfin, pour clore ce compte rendu.

M. Bopp a écrit un ouvrage trop important et trop bien fait pour s'en contenter et s'arrêter en si beau chemin. Il nous doit une analyse complète de tout le *Problema austriacum*. Souhaitons qu'une suite à son excellent et beau travail ne se fasse pas désirer trop longtemps.

H. Bosmans, S. J.

VII

Per la Edizione nazionale delle Opere di Galileo Galilei sotto gli auspicii di S. M. il Re d'Italia. Trent'anni di studi Galileiani per Antonio Favaro. Un vol. in-4° de 30 pages. — Firenze, Barbera, 1907.

L'*Édition nationale des Œuvres de Galilée* est, on le sait, bien près d'être achevée. L'éloge de cette magnifique publication n'est plus à faire. Ce fut un concert unanime d'approbation et d'encouragement chez les savants de l'Europe entière quand M. A. Favaro osa mettre la main à cette colossale entreprise, et c'est avec la même unanimité qu'ils félicitent aujourd'hui l'illustre éditeur d'avoir réussi à la mener à bon terme.

Conçue d'après un plan très bien compris et rigoureusement suivi du commencement jusqu'à la fin, la nouvelle édition des *Œuvres de Galilée* exclut systématiquement de ses volumes les digressions et les commentaires. Cela s'imposait. Aussi les innombrables notes et mémoires consacrés par M. Favaro à Galilée — je n'en connais pas moins de 160! — se trouvent-ils disséminés dans les recueils périodiques les plus divers, parfois même dans de simples journaux politiques. Ces notes et mémoires sont cependant un complément indispensable de l'*Édition nationale.* Et en effet, si dans les multiples controverses soulevées autour de la personne de Galilée, les écrits et la correspondance de l'immortel Pisan nous apprennent beaucoup, ils ne nous disent pas tout. Les éclaircissements que M. Favaro y ajoute sont si impor-

tants, si érudits, si consciencieux, qu'il est nécessaire d'en tenir compte en toute occasion.

Voilà pourquoi le savant professeur de l'Université de Padoue a bien fait de ne pas écouter une fausse modestie et de nous donner lui-même, dans le volume que nous présentons au lecteur, la liste complète de ses études sur Galilée. Nous disposons ainsi d'un instrument de travail précieux, propre à faciliter bien des recherches, car les indications y sont des plus précises. L'importance de plusieurs de ces études saute aux yeux à la lecture du titre, mais d'autres résolvent des difficultés de pur détail. A tous ceux qui se proposeraient d'écrire sur Galilée, je signalerai notamment, parmi ces dernières, les cent dix-sept petites dissertations intitulées *Scampoli galileiani,* « bribes galiléennes », toutes plus intéressantes les unes que les autres. Elles parurent en dix-sept séries dans les Atti e Memorie della R. Accademia di scienze, lettere ed arti in Padova. Que de questions curieuses s'y trouvent posées, discutées et résolues!

H. Bosmans, S. J.

VIII

Traité des Assurances sur la vie, par U. Broggi. Traduit de l'italien par S. Lattès, avec une préface de M. Achard. Un vol. in-8° de xi-306 pages. — Paris, Hermann, 1907.

Ce traité se distingue par la concision et la netteté de l'exposé. Disons tout de suite que cette netteté même fait ressortir davantage le peu de précision de certaines notions employées dans la théorie des erreurs. Que l'on compare, par exemple (p. 33), la notion de « probabilité d'un ensemble d'erreurs, » avec tout l'exposé fait au § 6 (p. 68). On se convaincra que la théorie des erreurs pourrait faire son profit des distinctions prudentes que comporte l'établissement d'une loi *continue* de survie (1). Cette légère critique n'empêche pas le premier chapitre de l'ouvrage, éléments du calcul des probabilités, d'être suggestif et plein de choses.

Le second chapitre, théorie statistique de la mortalité, expose

(1) Voir aussi la note de la page 81, où l'auteur à la suite de Bortkievitch attire l'attention sur le fait que μ_x n'est pas une probabilité, que c'est seulement $\mu_x\, dx$ qui est une probabilité. Ne fallait-il pas faire la même remarque pour la fonction $\varphi(\epsilon)$ de la page 32?

avec beaucoup de rigueur et de soin les méthodes de constitution des tables et des lois statistiques. Quelques réflexions au sujet de l'ajustement des tables de survie ont une portée plus générale et s'appliquent à toute question où l'on se propose de traduire en loi mathématique un ensemble de données expérimentales.

La seconde partie de l'ouvrage donne la théorie mathématique des diverses opérations d'assurances.

La troisième partie, technique des assurances sur la vie, et la quatrième partie, théorie du risque, traitent de l'économie générale des sociétés d'assurances : primes, réserves, profits et pertes, stabilité, etc.

Cette heureuse synthèse de la science actuarienne moderne avec ses perfectionnements récents, sera bien reçue du mathématicien désireux d'une initiation rapide et complète dans ce domaine intéressant. Elle ne sera pas moins utile aux actuaires de profession qui ont souci de savoir ce qu'ils font quand ils manient leurs formulaires et leurs tables. Ils y trouveront, en même temps qu'une solide doctrine, une sérieuse documentation en faits et en bibliographie.

F. W.

IX

Traité de Physique, par O. D. Chwolson. Ouvrage traduit sur les éditions russe et allemande, par E. Davaux, avec des *Notes sur la Physique théorique*, par E. et F. Cosserat, t. I, troisième fascicule : *L'État liquide et l'État solide des corps*. Un volume grand in-8° de VII-561-872 pages, avec 136 figures dans le texte. — Paris, A. Hermann, 1907.

La publication de cet excellent *Traité de Physique* se poursuit rapidement, avec l'ampleur de doctrine, l'abondance des renseignements bibliographiques et toutes les qualités d'exposition que nous nous sommes plu à louer dans les fascicules précédents (1).

Celui-ci comprend deux parties. La première, consacrée à l'*état liquide des corps*, contient 183 pages ; la seconde, où l'on aborde l'étude de l'*état solide*, en compte 130.

(1) Voir Revue des Quest. scient., troisième série, t. IX, pp. 295-302 et t. XI, pp. 294-297.

État liquide des corps. — Un premier chapitre, intitulé *Propriétés fondamentales et constitution des liquides*, sert d'introduction. Signalons dans la bibliographie qui le termine, la liste des travaux relatifs aux *cristaux liquides*. On sait que Lehmann (1889) a montré que des gouttelettes de certains liquides manifestent, dans des conditions spéciales, des propriétés optiques absolument semblables à celles des cristaux solides et qu'il se produit, à une température déterminée, une transformation de ces cristaux analogue, sous beaucoup de rapports, à la fusion des corps solides. L'auteur signale les faits et réserve leur étude au tome III de son *Traité*.

Le chapitre II expose les différentes méthodes en usage pour la détermination de la *densité des liquides :* Méthode rapide et approximative de Wilson et de Warrington (flotteurs de volume constant); méthodes des vases communicants, du flacon, de la balance hydrostatique ordinaire et de la balance à ressort de Jolly; les aéromètres de Nicholson, de Lohnstein, de Courtonne, de Guglielmo, de Vandevyver... et les aéromètres spéciaux de Baumé, Gay-Lussac, Richter, etc. Les divers liquides possèdent des densités très différentes, depuis celle de l'hydrogène liquide, 0,07 (Dewar) qui est la plus faible, jusqu'à celles du mercure et des métaux fondus qui sont les plus grandes.

La *compressibilité des liquides* fait l'objet du chapitre III. L'auteur définit le coefficient de compressibilité; il dépend de la nature du liquide et est fonction de la température et de la pression initiale. « Les liquides peuvent non seulement être comprimés, mais on peut aussi, dans certains cas, les soumettre à une extension », dans toutes les directions. M. Chwolson rappelle, à ce sujet, l'expérience de Worthington; on devrait y joindre celles de Van der Mensbrugghe.

Les recherches relatives à la compressibilité des liquides sont très nombreuses. L'auteur sépare celles qui ont précédé les travaux d'Œrsted — Bacon, les académiciens de Florence, John Canton et John Perkins — de celles d'Œrsted, l'inventeur du premier *piézomètre* permettant des mesures quantitatives assez exactes, et de ses successeurs Sturm et Colladon, Regnault, Grassi, Richards et Stull... Il signale aussi les travaux plus spéciaux, relatifs à certains liquides et aux dissolutions, ou effectués dans des conditions particulières; citons, entre autres, ceux de Cailletet, opérant à très hautes pressions, et ceux d'Amagat se rapportant à la variation de la compressibilité avec la température.

La *tension superficielle des liquides* est étudiée au chapitre IV.

Avec Laplace, l'auteur admet que les forces de cohésion, qui agissent sur les molécules de la couche superficielle, se composent en une *pression* normale à la surface libre et dont l'intensité dépend de la forme de cette surface. Il rappelle la formule de Laplace $P = K + \frac{H}{2}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$, où K et H sont deux constantes qui dépendent de la nature du liquide et de son état physique; R_1 et R_2 les rayons de courbure des deux sections normales principales de la surface du liquide au point considéré. Dans le cas d'une surface plane, on a $P = K$. « La pression K ne peut être déduite d'expériences directes; des raisonnements indirects, sur lesquels nous reviendrons, montrent que K est très grand... et s'exprime par des milliers d'atmosphères (1). Il peut dès lors paraître inexplicable que, malgré cette pression, un liquide n'oppose qu'une faible résistance à un changement de forme, et se laisse facilement diviser, etc. Sans entrer ici dans les détails, rappelons seulement que les liquides ne perdent pas l'extrême mobilité de leurs parties sous une pression extérieure très grande, comme on peut s'en rendre compte, par exemple, en observant que des poissons et d'autres animaux se meuvent dans la mer à des profondeurs énormes. »

Après ce rapide exposé des idées de Laplace, vient celui de la formule de Gauss et de la notion de *tension superficielle*. « Le premier qui compara la couche superficielle d'un liquide à une membrane élastique est Segner (1752); mais c'est Young (1805) qui fut le véritable fondateur de la théorie de la tension superficielle des liquides. Un très grand nombre de phénomènes s'expliquent très simplement quand on admet l'existence d'une tension superficielle, laquelle, comme nous le montrerons plus tard, est étroitement liée à la grandeur de la pression superficielle;... il ne faut pas oublier que cette tension, *si elle existe*, n'est qu'une conséquence de la cause fondamentale de tous les phénomènes considérés, à savoir de la cohésion des molécules

(1) L'auteur rappelle plus loin les tentatives faites pour la détermination de K par Van der Waals et Stefan. Sans discuter ici les principes sur lesquels elles reposent, nous en signalerons les résultats :

Liquides	*Pression normale K pour une surface plane*		
Acide carbonique.	2180	atmosphères	L. Van der Waals.
Éther . . .	de 1300 à 1430	»	»
» . . .	1284	»	Stefan.
Alcool . . .	de 2100 à 2400	»	Van der Waals.
Eau . . .	10 700	»	»

du liquide et de la pression superficielle qui en résulte,... ainsi que de la tendance de tout liquide à prendre la surface la plus petite possible... La question de savoir si l'on doit regarder la grandeur α de la formule de Laplace » — le coefficient $\frac{H}{2}$ — « comme une tension, et si la couche superficielle possède une plus grande densité, si elle résiste à une déchirure, à une extension, etc., reste encore problématique.

» *Il n'existe pas encore de bonne explication de l'existence d'une couche superficielle plus dense dans les liquides...* Bien plus, certains raisonnements conduisent à un résultat contraire, à savoir que la densité de la couche superficielle serait moindre que celle du reste de la masse du liquide, du moins dans la direction normale à la surface... Nous ne savons rien des causes qui produisent les forces de cohésion, ni des lois suivant lesquelles elles agissent...

» La notion de tension superficielle des liquides repose donc entièrement sur l'analogie qui existe entre les propriétés de la couche superficielle de ces liquides et celles d'une membrane élastique tendue, et elle manque d'une base scientifique solide. Cette notion est cependant très utile, car elle permet de ramener tout un groupe de phénomènes de caractères différents à un même principe; elle aide à comprendre et à décrire de nombreux phénomènes. On doit laisser pendante la question de la réalité de la tension superficielle. »

L'auteur signale tout spécialement, parmi les recherches théoriques relatives à la tension superficielle, celles de Van der Mensbrugghe, Van der Waals, Hulshof, Donnan et Bakker.

Il décrit ensuite les *expériences tendant à démontrer l'existence d'une tension superficielle des liquides* et établit la relation classique entre la pression normale et la tension superficielle : « On *peut* expliquer parfaitement l'existence d'une différence entre la pression normale pour une surface plane, et la pression normale pour une surface courbe, par l'effet d'une tension superficielle. »

Les paragraphes suivants résument les belles *Recherches de Plateau* sur les liquides soumis aux seules forces moléculaires et notamment sur les *systèmes laminaires*. M. Chwolson signale en passant cette expérience de Dixon : on obtient de très belles *bulles de mercure* en versant sur du mercure bien propre une couche d'eau de 1,7 centimètre d'épaisseur et en insufflant de l'air, dans le mercure, à l'aide d'un tube effilé. Les bulles s'élèvent à la surface de l'eau et s'y maintiennent longtemps.

Le chapitre s'achève par l'étude de la *tension superficielle au contact de plusieurs milieux.*

Les *phénomènes d'adhésion et de capillarité :* angle de raccordement, mouvement des gouttes dans les tubes, ascension et dépression dans les tubes et entre des lames planes, attraction et répulsion apparente des corps flottants, absorption des liquides par les corps poreux et les corps pulvérulents, exposé des méthodes pour la détermination de la tension superficielle et de la constante capillaire, influence de la température, etc., sont exposés dans le chapitre suivant.

Vient ensuite une première étude sommaire de la *dissolution des corps solides et des liquides ;* on y réserve celle des propriétés optiques, thermiques et électriques des solutions et l'exposé des idées théoriques sur leur constitution, qui trouveront place au tome III.

La *diffusion* et l'*osmose* sont abordées au chapitre VII, le *frottement à l'intérieur des liquides* et la *viscosité* au chapitre VIII : l'auteur s'attache à présenter, dans leur ordre historique, les recherches expérimentales et à grouper leurs résultats.

Le chapitre IX, *Mouvement des liquides*, a reçu du traducteur des développements mathématiques d'ordre plus élevé, où sont condensées les notions fondamentales de l'hydrodynamique et leur application aux problèmes qui intéressent plus spécialement la physique : résistance au mouvement d'un solide immergé; sphères pulsantes de Bjerknes; écoulement par un orifice en paroi mince; débit, coefficient de contraction et structure des veines liquides; écoulement par un tuyau; ondes; théorie des tourbillons; résistance des carènes; figures d'équilibre relatif d'une masse fluide homogène en rotation uniforme.

Le chapitre X, intitulé l'*État colloïdal*, est nouveau; c'est un résumé très net et très intéressant de nos connaissances actuelles relatives aux colloïdes, rédigé par MM. V. Henry et A. Mayer.

État solide des corps. — La seconde partie du fascicule s'ouvre, comme la précédente, par un chapitre d'introduction sur les *propriétés fondamentales et la structure des solides* : état cristallin et état amorphe; systèmes cristallins; macles; structure des cristaux; polymorphisme; isomorphisme et morphotropie; allotropie.

Le chapitre II décrit les méthodes de détermination de la *densité des solides.*

Le chapitre III, d'un caractère beaucoup plus relevé, est un

résumé très dense des faits et des vues théoriques relatifs à l'*élasticité :* traction, compression, torsion, flexion; ductilité, malléabilité, plasticité et diffusion des solides; élasticité des cristaux, etc. Il comprend près d'une centaine de pages où les développements mathématiques occupent une large place.

Enfin, le dernier chapitre traite du *frottement et du choc des corps solides :* frottement intérieur; frottement de glissement; frein de Prony; frottement de roulement; choc des corps mous et des corps élastiques, cas les plus simples; durée du choc.

Rappelons que chaque chapitre est suivi d'une abondante bibliographie qui permet au lecteur de retourner aux sources, de compléter et d'étendre les développements du texte.

J. T.

X

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, par L.-N. VANDEVYVER, professeur à l'Université de Gand. Troisième édition. Un vol. in-8° de 407 pages avec 400 figures dans le texte et une planche hors texte. — Roulers et Bruxelles, Jules De Meester, 1906.

Les traités élémentaires de physique sont nombreux, mais de valeur inégale. Le choix judicieux des matières; leur mise en œuvre méthodique, concrète, s'appuyant constamment sur l'observation et l'expérience; la clarté de l'exposition, jointe à une sage rigueur qui témoigne d'une connaissance approfondie du sujet, telles sont, semble-t-il, les qualités maîtresses d'un bon manuel. Elles font de celui de M. Vandevyver l'un des plus recommandables.

C'est un livre d'initiation qui s'adresse aux élèves des Collèges et des Écoles professionnelles. Sans laisser de côté aucune question importante qui soit à leur portée, en y comprenant même les découvertes les plus récentes et bien des phénomènes très délicats, il reste *élémentaire*, en évitant les descriptions prolixes et les développements surabondants, pour s'attacher aux points essentiels et aux conclusions fondamentales, en écartant les considérations abstraites pour s'en tenir aux faits. Car c'est bien de physique *expérimentale* qu'il y est uniquement question : l'*observation*, avec un appel incessant aux phénomènes les plus familiers, l'*expérimentation* largement développée, de façon intéressante, souvent neuve et personnelle; les *mesures* et la

synthèse des résultats qu'elles fournissent dans l'énoncé des *lois expérimentales*, tel est le cadre de ces leçons de choses, où maint détail témoigne d'une longue pratique de l'enseignement et du laboratoire.

L'appareil mathématique y est réduit au strict nécessaire réclamé par l'expression générale des lois principales et leurs applications les plus simples, et les considérations théoriques n'interviennent guère que pour fixer le sens des termes et des symboles que le langage du physicien leur emprunte.

Ajoutons que l'exécution typographique est excellente, et que les figures, très nombreuses, presque toutes schématiques et, cette fois, en traits noirs sur fond blanc, sont très nettes et très parlantes; c'est un surcroît qui n'est pas à dédaigner. Les professeurs de l'enseignement moyen, qui ont fait aux deux premières éditions le meilleur accueil, sauront gré à l'auteur du soin qu'il a mis à revoir, à compléter et à embellir son traité.

J. T.

XI

Exercices et projets d'Électrotechnique, publiés sous la direction d'Éric Gérard, directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore, et d'Omer De Bast, sous-directeur de cet Institut. Tome I : Application de la Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Un vol. in-8° de 240 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1907.

Il est certes très utile (comme, avec juste raison, on le fait aujourd'hui couramment dans l'enseignement de l'électrotechnique) de rompre, dès l'école, le futur ingénieur à toutes les exigences, voire même manuelles, de la pratique; mais il ne faut pas que ce soit au détriment de sa culture mathématique. L'enseignement de l'analyse en vue de ses applications techniques, donné parfois par des maîtres peu familiarisés avec celles-ci, enclins à se confiner dans les abstractions, a pu donner prise à diverses critiques; mais celles-ci, souvent empreintes d'exagération, n'ont pas été, à leur tour, sans provoquer quelques conséquences funestes en portant certains esprits à méconnaître le rôle non pas seulement utile, mais indispensable, que les mathématiques bien comprises ont à jouer dans le progrès de nos connaissances techniques. La démonstration de l'importance de ce rôle

ressort avec évidence de l'excellent ouvrage que nous donnent aujourd'hui MM. Éric Gérard et Omer de Bast. On ne saurait évidemment accuser les éminents directeurs de l'Institut électrotechnique de Liége de perdre de vue l'objet strictement utilitaire de l'enseignement qui se donne dans leur établissement et de mettre, par simple dilettantisme, entre les mains de leurs élèves des armes dont ils n'auront que faire plus tard dans la lutte livrée, sur le terrain industriel, aux forces de la nature.

Mais, pour que l'enseignement mathématique soit vraiment profitable à de futurs techniciens, il faut que, dès l'école, il s'applique à des problèmes puisés dans la réalité et dont la solution soit poussée jusqu'au bout, y compris la mise en nombres, sur des exemples plus concrets. De tels exercices sont à l'enseignement des mathématiques ce que les manipulations sont à celui de la physique; leur choix exige à la fois une science très sûre et une expérience pratique consommée. Ces qualités, les deux ingénieurs que nous venons de nommer les possèdent au plus haut degré dans le domaine de l'électrotechnique; c'est dire d'un mot toute la valeur de l'ouvrage qu'ils livrent aujourd'hui au public, et dont la matière a déjà servi, sous forme d'exercices ou de projets, à la formation des élèves de l'Institut Montefiore.

Ce premier volume comprend des applications directes des théories générales de l'électricité et du magnétisme à des questions nées de la pratique industrielle. Elles se répartissent entre les divisions suivantes : Magnétisme; Électrostatique; Lois du courant électrique; Électromagnétisme; Induction électromagnétique; courants alternatifs.

On peut noter la part faite par les auteurs au calcul des grandeurs alternatives par la méthode graphique et la méthode symbolique, ainsi que les nombreux exemples de transformation d'unités.

Le livre sera précieux pour les étudiants électriciens; mais, vu son caractère éminemment pratique, il ne rendra pas moins de services aux ingénieurs mis par les exigences de leur profession en face de problèmes électrotechniques dont la solution exige le concours de l'instrument analytique.

M. O.

XII

Recherches sur l'Épuration biologique et chimique des Eaux d'égout, par le Dr Calmette. Deux vol. in-8°, 1905 et 1907, v-194 pages, iv-314 pages, 70 planches et figures. — Paris, Masson.

Toute agglomération humaine se trouve en face d'un problème, dont l'importance grandit de jour en jour : celui de faire disparaître ses déchets, résidus, immondices de toutes sortes. La création des égouts a été la première tentative de solution. En règle générale, ces égouts se déversaient dans la mer, les fleuves, les rivières. Cela parut satisfaisant durant quelque temps, mais avec l'accroissement continuel des populations urbaines, les déchets devinrent si considérables qu'ils finirent par polluer fleuves et mers, tuant le poisson, infectant les banlieues, les villes même, constituant par la putréfaction des matières déversées, un milieu de culture propice aux microbes même pathogènes. D'où résultèrent des épidémies parfois très meurtrières. Rendre l'égout inoffensif doit donc devenir une préoccupation des municipalités.

L'ouvrage du savant directeur de l'Institut Pasteur de Lille apporte au problème une solution scientifique et très pratique. Biologistes, industriels, administrateurs, architectes trouveront dans ces deux volumes toutes les données désirables. Quelques chapitres présentent une claire synthèse des méthodes, d'autres discutent les résultats, partout on admirera le souci du fini dans les moindres détails de l'exposition.

I. — L'épuration des eaux d'égout n'est pas leur simple clarification. Celle-ci consiste à précipiter mécaniquement ou chimiquement les *matières en suspension*. Après décantation, l'eau peut être très claire et cependant contenir *des matières dissoutes* dont la fermentation toujours possible constitue un danger pour les êtres vivants qui prendront contact avec elles. Eau limpide et eau inoffensive ne sont pas synonymes.

L'épuration véritable consistera à débarrasser l'eau de toute matière albuminoïde pour n'y laisser, à la fin des opérations, que des corps minéraux, nitrates et nitrites, et des gaz dissous.

Elle peut être obtenue par des *procédés chimiques* (la description du procédé n'occupe que 23 pages du tome I).

M. le professeur Buisine, directeur de l'Institut de Chimie à

Lille, a expérimenté ce système dans cette station de la Madeleine dont nous parlerons plus loin. Le traitement n'a porté que sur 10 mètres cubes d'eau d'égout. Le sulfate ferrique, le chlorure ferrique, les sels ferriques combinés avec le chlorure de chaux ont été successivement employés et étudiés. Tous ces procédés ont des aboutissants sensiblement comparables. En voici les résultats généraux : l'épuration chimique n'offre en elle-même aucun avantage sur l'épuration biologique, si ce n'est quand on a affaire à des eaux contenant soit des matières tinctoriales ou graisses, en forte proportion, soit des résidus industriels, ou alcalins, capables d'entraver les actions microbiennes d'oxydation. Si les résidus boueux pouvaient rendre service à l'agriculture, ce serait une supériorité pour ce mode d'épuration ; mais la comparaison est insoutenable entre eux et les engrais chimiques ordinaires, qui donnent un rendement de sept à dix fois plus élevé ; si bien que les frais de leur enlèvement et de leur transport ne sont pas compensés par l'économie de leur emploi. Ils restent donc au compte de la ville ou de l'industrie comme une très lourde charge. Dans ces conditions, l'épuration chimique des eaux d'égout revient par an à 2 fr. 25 par habitant.

II. — *Épuration microbienne par épandage.* — La première idée a été de faire travailler les microbes nitrificateurs du sol chez eux pour ainsi dire. On leur a donc amené les eaux d'égout. C'est l'épandage, employé par la ville de Paris dans les champs d'Asnières et par la ville de Berlin. Nous résumons en quelques mots les principales exigences de cette méthode. Il lui faut des terrains poreux, profonds et bien drainés, que l'on ne trouve pas toujours à une distance convenable du centre producteur. L'irrigation n'est possible que par intermittences, pour laisser arriver à ces microbes aérobies la quantité d'oxygène qui leur est nécessaire. Si l'épandage se fait sur des terrains cultivés, il faut en outre tenir compte des besoins de la culture. Que des pluies abondantes viennent augmenter le volume ordinaire des eaux d'égout et le cultivateur devra jeter au fleuve le surplus des eaux qu'il ne peut utiliser. Avec certaines eaux très chargées, les terrains se colmatent facilement et, la porosité disparaissant, l'épuration devient insuffisante. Les meilleurs terrains d'ailleurs ne peuvent épurer que 10 à 11 litres d'eau d'égout par mètre carré et par jour. Une ville de 20 000 habitants, à raison de 100 litres d'eau d'égout par habitant et par jour (les eaux de pluie non comprises), exigera donc 60 hectares pour une épuration suffisante. L'épandage fait sur terrains sableux

non cultivés, demandera un peu moins d'espace; mais les villes n'en trouveront pas toujours à leur porte. Au reste, ces terrains exigent une main-d'œuvre plus considérable, de telle sorte que le prix de revient pour l'épuration par épandage est toujours d'environ 2 francs par habitant et par an, y compris l'amortissement des frais.

III. — *Épuration biologique artificielle.* — Elle fait l'objet principal de l'ouvrage que nous analysons. Le Dr Calmette a établi au bord de la Deule, rivière traversant la ville de Lille et universellement connue dans le Nord par son effroyable pollution, une station expérimentale type, dite station de la Madeleine. Le terrain, de 1500 mètres de superficie, est surélevé de $1^{m},90$ environ au-dessus du niveau de la rivière. L'égout collecteur a été détourné de façon à déboucher à l'angle le plus élevé du terrain. On y prend 500 mètres cubes d'eau par jour. Le choix de ces eaux est particulièrement heureux pour une station d'expérience, parce qu'elles contiennent des résidus industriels de toute sorte en assez grande quantité.

L'épuration biologique artificielle se produit en quatre phases distinctes. La première comprend la *séparation des résidus solides imputrescibles.* Les eaux y sont débarrassées des matières insolubilisables. L'égout s'élargit à son arrivée sur le terrain. Le courant amorti passe dans une chambre à doubles grilles et peignes, qui arrêtent les corps flottants les plus volumineux. Au delà, l'eau traverse une chambre à sable, dont le fond est incliné en sens contraire du courant; des chicanes y sont aménagées. Les scories, débris métalliques, sable, etc., s'accumulent ainsi à l'entrée, où on peut les enlever facilement.

Vient ensuite la *solubilisation des matières organiques.* — Cette dissolution s'effectue dans « les fosses septiques ». Elle est l'ouvrage des ferments anaérobies. La station expérimentale comprend deux fosses septiques de $250^{m3},300$ chacune qui reçoivent les 500 mètres cubes de l'égout. Elles mesurent 33 mètres de longueur et $2^{m},61$ de profondeur. Toutes deux sont pourvues de chicanes, dont les unes s'enfoncent à 60 centimètres sous la surface et les autres émergent du fond de 60 centimètres. Pour faire la comparaison, l'une des deux fosses s'ouvre à l'air libre, l'autre porte un revêtement en ciment armé et au-dessus une couche de terre végétale, épaisse de 60 centimètres, semée de gazon et plantée d'arbustes. Dans l'une et l'autre plongent des thermomètres enregistreurs allant jusqu'à 2 mètres de la surface. Les 500 mètres cubes de l'égout s'écoulent par moitié en

même temps dans les deux fosses septiques. Disons tout de suite qu'on n'a constaté aucune différence importante dans le fonctionnement des deux fosses. La fosse ouverte à l'air libre, grâce à la fermentation, a gardé une température à peu près constante, que les plus grands froids de l'hiver 1904-1905 (—5° et —7°) n'ont pu faire descendre qu'à + 12°,4.

La mise en train pour une solubilisation régulière et égale à l'apport, met environ un mois à s'établir. Après ce laps de temps, la hauteur de la boue qui tombe au fond reste constante *dans certaines conditions*. De juillet 1904 à juillet 1905, on n'a pas dû procéder au curage des fosses de la station de la Madeleine. La puissance solubilisatrice, en cours régulier, était telle que les cadavres d'animaux, les papiers, les bouchons même disparaissaient en quelques jours.

La troisième phase comprend la *fixation des matières dissoutes*, dans la phase précédente, sur des substances où elles puissent entrer en contact avec les microbes nitrificateurs. C'est la question pratique de l'organisation des lits bactériens; M. Calmette y a apporté des soins particuliers et il semble difficile de faire mieux. Nous avons vu que l'épandage réclamait un sol poreux, profond et bien drainé. Les expérimentateurs ont toute liberté, dans l'épuration artificielle, pour la réaliser en perfection. Le coke pur serait l'idéal, mais son prix élevé lui fait préférer le mâchefer ou, à son défaut, le coke mêlé de briques concassées, les pierres poreuses, etc. On ne doit employer que des matériaux poreux et débarrassés des poussières par un lavage préalable. Le fond du bassin sera bétonné pour éviter toute infiltration. Le drainage sera fait par des tuyaux de poterie ou mieux des tuiles faîtières renversées; les lits auront la pente convenable pour assurer l'écoulement, etc., etc. Aucun détail n'est oublié dans cette description, fruit d'une savante expérience.

Reste à amener au contact des bactéries, que nous supposons habiter les scories, les matières dissoutes dans les fosses septiques et à assurer ainsi la quatrième phase ou *la transformation des matières azotées en nitrites et nitrates, et des matières ternaires en produits gazeux et en eau.*

Ici nous nous trouvons en face de deux systèmes : les lits bactériens de contact et les lits bactériens par percolation. Il s'agit, dans les deux méthodes, de mettre les matières albuminoïdes en face des microbes qui doivent les minéraliser. Dans les deux cas, pour être actif et régulier, le travail doit se faire par intermittences, afin que l'oxygène puisse arriver aux bactéries.

Dans les lits bactériens de contact, les intermittences sont ainsi réglées : on remplit les bassins, ce qui dure une heure, et on maintient le contact pendant deux heures. Il faut une heure pour la vidange et on laisse l'aération se prolonger durant quatre heures. Chaque lit bactérien peut donc fonctionner trois fois par vingt-quatre heures. On ne voit pas que les températures basses influent d'une façon sérieuse sur le rendement en nitrites et nitrates. L'étude du travail des lits bactériens et de la nitrification a été faite par le Dr Calmette avec le plus grand soin, au tome I, pages 42 à 133. Contentons-nous de faire remarquer que la capacité d'épuration de ces lits est limitée à 500 litres d'eau d'égout par mètre cube et par jour, ce qui constitue une infériorité manifeste par rapport au système percolateur. Trop de liquide reste dans les drains ou dans les différents espaces vides pour que l'épuration puisse être complète. En outre, la multiplication de ces ferments aérobies est gênée d'une façon notable par l'immersion des deux heures de contact. Quoique l'ouverture et la fermeture des vannes puissent être automatiques, la main-d'œuvre reste encore plus considérable que dans le système suivant.

Dans les lits bactériens à percolation, l'intermittence est due à l'égouttage en pluie soit continuel, soit à des intervalles réguliers. Nous nous bornerons à énumérer les divers systèmes employés ; on en trouvera la description complète au tome I, pages 134 et suivantes. Ils peuvent être divisés en cinq groupes : pulvérisateurs à pression ; tourniquets hydrauliques ; nochères à renversement ; égouttage direct ; siphons à décharge intermittente. M. Calmette réserve toutes ses faveurs à ce dernier système. Simples et robustes, ces siphons déchargent toutes les dix minutes 1 mètre cube d'eau qui se divise immédiatement à travers toutes les anfractuosités des scories entassées sous une épaisseur minima de $1^{m},75$. L'expérience a montré que ces dix minutes suffisaient pour renouveler l'oxygène jusqu'au fond des lits. La capacité d'épuration de ces lits est de 2 mètres cubes par mètre carré de surface, soit quatre fois plus grande que celle des lits de contact. La maçonnerie n'a pas besoin d'être aussi soignée dans le système à percolation que dans le système par contact, d'où diminution sérieuse des frais d'installation.

L'épuration biologique ne laisse, à la fin du travail, que 6 à 10 p. c. de matières albuminoïdes non transformées en nitrites et nitrates. Le danger de pollution par fermentation de ces matières est donc écarté. Si cette eau n'est pas potable, elle

n'est certainement pas dangereuse, et elle peut servir à l'irrigation agricole. Tout en maintenant l'épandage, Paris, par exemple, pourrait installer peu à peu l'épuration biologique artificielle. L'épandage serait fait à la fin de la transformation avec de l'eau déjà épurée, ce dont ne se plaindraient ni les maraîchers, ni les Parisiens.

L'énorme supériorité de l'épuration microbienne provient du prix de revient. Les autres systèmes, nous l'avons vu, demandent 2 francs, 2 fr. 25 par an et par habitant. L'épuration biologique n'exige que *40 centimes par an et par habitant, tous frais compris*, en prenant comme base d'évaluation les dépenses accusées par les installations étrangères les plus parfaites.

Un mot sur la microbiologie de l'épuration. Les ferments nitrificateurs sont de belles bactéries ovales, ciliées, se présentant le plus souvent à l'état de zooglées. La nitrification est le résultat d'une symbiose. C'est la fermentation nitreuse qui s'établit la première, la fermentation nitrique n'apparaît qu'à la fin de la fermentation nitreuse.

La bactériologie des fosses septiques vient d'être récemment étudiée dans la thèse d'un des élèves de M. Calmette, Paul Bardon, *Étude biochimique de quelques bactériacées thermophiles et de leur rôle dans la désintégration des matières organiques des eaux d'égout*. Ravel, éditeur, Lille. M. Bardon a extrait des fosses septiques de la Madeleine quatre ferments anaérobies constants qu'il appelle α, β, γ, δ. Nous croyons qu'une étude ultérieure est réservée à une analyse plus approfondie du travail de solubilisation. Cette thèse est surtout descriptive.

Signalons en finissant le chapitre V du tome II, dont la manchette porte : « L'épuration biologique des eaux d'égout dans les petites agglomérations rurales, les maisons particulières, hôpitaux et établissements collectifs. Fosse Mouras ». Ces quelques pages sont un modèle de clarté pratique. L'architecte, le propriétaire soucieux d'une hygiène impeccable dans sa construction trouveront là des principes, des applications, des dessins ou planches dont ils ne pourront qu'être satisfaits.

Le Dr Calmette passe en revue les différents pays où on emploie l'épuration biologique. Les descriptions des diverses installations remplissent la plus grande partie du second volume. Les figures, dessins et planches sont d'une clarté remarquable. Ce magnifique ouvrage est édité avec le soin dont est coutumier l'éditeur Masson. Nous ne pouvons que recommander chaudement cette œuvre de science et de conscience.

Dr Joseph Loiselet.

XIII

L'Art et l'Hypnose, interprétation plastique d'œuvres littéraires et musicales, par Émile Magnin, professeur à l'École de Magnétisme de Paris, avec une préface de Th. Flournoy, professeur à l'Université de Genève, et des illustrations de Fréd. Boissonnas. Un vol. grand in-8° de xv-463 pages. — Genève, édition « Atar », Paris, Félix Alcan, éditeur.

Il convient de noter d'abord que, par le terme « hypnose », M. Magnin n'entend pas désigner le résultat des méthodes hypnotiques, ou du moins il lui donne une signification plus étendue, et l'hypnose qu'il provoque et étudie résulte de passes magnétiques. Il attache une grande importance à cette distinction, à laquelle il consacre un long chapitre.

Quoi qu'il en soit, il s'agit d'expériences faites au moyen d'un sujet qui paraît supérieur à la célèbre Lina du Colonel de Rochas.

Avec beaucoup de raison, M. Magnin s'applique à faire connaître les origines et les antécédents de son sujet, Mme Magdeleine G.

Née au Caucase d'un père genevois et d'une mère caucasienne, française de père, elle vint à six ans à Genève avec ses parents. Son père appartient à une famille de professionnels de la danse, et l'un de ses oncles est le professeur préféré des familles genevoises; quant à sa mère, elle excellait dans les danses nationales russes, sans s'être jamais produite hors de sa famille. Magdeleine suivit un cours de danse chez son oncle, mais n'apprit que les danses de salon. Entrée au Conservatoire, dans les classes de piano, elle n'y réussit guère, mais montra ensuite plus de dispositions pour le chant. Son tempérament dramatique se développa et elle aurait désiré faire du théâtre, ce à quoi s'opposa sa famille du côté paternel. Elle obtint finalement un premier prix de chant. Ajoutons qu'elle brillait plus par les qualités d'intuition que par ce qui s'acquiert par le travail.

Venue à Paris à l'âge de vingt ans avec sa mère, elle se maria à vingt-cinq ans et eut successivement deux enfants. Continuant à chanter, elle aurait désiré se vouer au théâtre, mais une timidité invincible l'en a éloignée.

Au sujet de son instruction au point de vue de la danse, il importe de noter l'appréciation de Mme Mariquita, maîtresse de

ballet de l'Opéra-Comique, qui, après lui avoir vu interpréter le ballet d'*Orphée*, déclara qu'elle n'avait jamais reçu d'enseignement de la danse, les pas qu'elle faisait n'étant dans aucun traité.

Il résulte de tout cela que Magdeleine a des aptitudes innées et acquises pour la musique et que, en ce qui concerne la danse, à défaut d'une culture proprement dite, elle pouvait tenir de ses ascendants des dispositions particulières. D'autre part, le développement extérieur de ses facultés artistiques se trouvait entravé par une grande timidité, qui communique, à l'état normal, quelque chose d'un peu gauche et embarrassé à ses gestes et attitudes.

On conçoit que l'état d'hypnose venant à l'isoler et à le laisser sous la seule influence des suggestions, un tel sujet doit pouvoir produire des manifestations artistiques très intéressantes, et c'est précisément ce qui s'est réalisé. Soit sous l'influence de la musique, soit à l'audition de poésies, Magdeleine s'est révélée « mime » extrêmement remarquable.

L'ouvrage de M. Magnin contient, comme justification, un très grand nombre de photographies faites par M. Boissonnas, notamment trois séries correspondant à la chanson : *Fais dodo, mon petit gas,* de Botrel; à la fable : *Les Femmes et le Secret*, de La Fontaine, et à la *Marche funèbre,* de Chopin. Sous chaque photographie de ces séries sont inscrites les paroles ou les notes correspondantes. L'ensemble est vraiment remarquable, surtout si l'on tient compte du fait que des vues instantanées de physionomies et de membres en mouvement courent grand risque de mal rendre l'effet synthétique produit sur le spectateur, tel que l'a exprimé, par exemple, M. de Keyserling dans le journal Der Tag, de Berlin, en décrivant l'interprétation de la *Marche funèbre* (1).

Parmi les nombreuses appréciations de journalistes et d'artistes reproduites à la fin du volume, il en est une qui nous a particulièrement intéressé, celle du peintre Hugo d'Alési, parce qu'il eut, comme il le dit, le privilège d'assister à la première séance de Mme Magdeleine devant quelques amis, c'est-à-dire quinze jours après que M. Magnin eut constaté les aptitudes de son sujet, qu'il avait d'abord endormi dans un but purement thérapeutique. « Je crois important de dire, dit M. d'Alési, que,

(1) Indépendamment des vues photographiques de M. Boissonnas, l'ouvrage contient des reproductions de dessins de deux artistes allemands, von Kaulbach et von Keller, le premier préférant les expressions calmes et le second les expressions de sentiments très violents.

dès cette première séance, Mme Magdeleine m'a saisi, non seulement par la variété et la richesse de ses expressions et attitudes, mais par la spontanéité avec laquelle elle donnait cours à cette merveilleuse manifestation. »

La grosse objection contre les séances de ce genre résulte en effet de la question du « dressage ». A propos de Lina, nous notions, dans nos *Études esthétiques,* que les représentations données dans la salle de la Bodinière ne paraissaient pas avoir présenté d'intérêt sérieux, parce qu'il était impossible de savoir dans quelle mesure on n'était pas simplement en présence d'un sujet bien dressé. Nous avons été heureux de voir combien M. Magnin s'est bien rendu compte des dangers du dressage, dangers qui du reste menacent la valeur artistique des manifestations, en même temps que leur intérêt scientifique. « Pour obtenir un très bon résultat, dit-il, il importe que la suggestion soit *neuve;* en la répétant, même à de grands intervalles, elle perd en exactitude et en intensité. La première incarnation de l'idée ou du sentiment suggéré est toujours de beaucoup la meilleure. Dans les séances photographiques, nous avons pu constater qu'en répétant deux ou trois fois de suite la même suggestion, nous obtenions le même geste, la même attitude, mais sans énergie; quant à l'expression, à la deuxième pose, elle était déjà pour ainsi dire figée, sans vie, en comparaison de la première. » Aussi les programmes reproduits à la fin de l'ouvrage sont-ils très variés, bien que, sur quatorze programmes, huit comprennent la *Marche funèbre* de Chopin.

Le dressage, du reste, exerce son influence néfaste même sur les suggestions nouvelles, et M. Magnin ne craint pas de s'exprimer dans les termes suivants : « Je dois bien répéter qu'aujourd'hui Magdeleine n'a plus aucune valeur, au point de vue expérimental; elle est un sujet éduqué et, par conséquent, sujet à caution. Aujourd'hui, Magdeleine, par habitude, par éducation hypnotique, par dressage, si je puis m'exprimer ainsi, tombe très généralement dans l'état adéquat à ses interprétations musicales. On ne saurait assez répéter, avec les Drs Binet et Féré, qu'il n'y a que *les premières expériences qui soient probantes,* car ce sont les seules qui soient pratiquées sur un sujet vierge, à l'abri de la suggestion inconsciente (1) ».

Il nous reste à nous demander dans quelle mesure les expériences faites sur Magdeleine indiquent ou non une origine physiologique pour les émotions musicales.

(1) *Le Magnétisme animal*, p. 142.

M. Magnin commence par incliner fortement vers le caractère physiologique des émotions de Magdeleine. Il ne lui semble pas douteux que les vibrations sonores agissent sur le nerf pneumogastrique et le grand sympathique ; il rappelle que le premier actionne le cœur, les poumons et l'estomac, tandis que le second règle la circulation des petits vaisseaux, et il croit bien trouver des indices en faveur de la thèse que les phénomènes neuromusculaires sont primaires et que l'émotion n'est que consécutive (1). Toutefois il ajoute que, si chez Lina la prééminence de l'élément physiologique paraît réelle, car elle réagit à chaque vibration musicale comme un automate, il n'en saurait être de même chez Magdeleine qui, autant qu'on peut en juger, saisit dans sa subconscience tout ce qui est emmagasiné en elle pour parfaire l'idée qui lui est suggérée par les sons musicaux.

Bien que n'étant nullement hostile à la théorie physiologique des émotions et que nous en ayons développé l'application à l'action de la musique avant la publication des théories de Lange et de James (2), nous ne croyons pas que, même dans le cas de Lina, on puisse trouver une confirmation bien nette de cette théorie, car, modèle de son métier, elle est habituée à prendre des attitudes expressives qui peuvent fort bien être expression et non cause de ses émotions, et du reste, sous l'influence de suggestions purement verbales, elle a souvent réalisé de façon très heureuse l'expression voulue, tout en paraissant réellement inférieure à Magdeleine.

Celle-ci présente du reste un phénomène bien curieux, attesté par de nombreux observateurs : elle devance souvent par sa traduction plastique la suggestion musicale. Certains ont naturellement pensé découvrir en cela une preuve de son dressage, et de fait il est fort possible que celui-ci intervienne souvent dans ce phénomène; mais, comme il a été observé par des improvisateurs, force est de lui chercher une autre interprétation. M. Magnin croit la trouver dans une transmission télépathique de la pensée de l'exécutant; sans rien nier, bien entendu, nous nous permettrons de penser que, dans un mouvement matériel

(1) Le facteur émotion serait révélé par l'élévation de température du sujet, vu que, d'après Mosso, « le travail cérébral, malgré l'affluence plus grande du sang, ne s'accompagne pas d'élévation de température ». Cette affirmation nous paraît surprenante en soi et bien contraire à notre expérience quotidienne.

(2) Revue philosophique de mars 1884. Voir aussi notre discussion postérieure dans nos *Études esthétiques*, pp. 150 à 161.

ou psychique, les états antérieurs déterminent suffisamment celui qui va suivre pour qu'une personnalité en parfaite harmonie avec une autre puisse, grâce d'ailleurs à un grain de spontanéité, précéder un peu le mouvement de celle-ci; mais, bien entendu, le mouvement du sujet en hypnose a constamment besoin d'être soutenu et, s'il est capable de précéder d'une fraction de seconde le mouvement de l'autre, il serait parfaitement incapable de poursuivre sous l'influence d'une suggestion qui deviendrait purement mentale. Tel nous paraît du moins le cas de Magdeleine : sans rien nier, nous nous attachons à ne supposer aucun principe extraordinaire que ne postulent pas les faits constatés.

Ce n'est là, du reste, qu'une discussion de détail. L'ouvrage très sérieux de M. Magnin soulève d'ailleurs bien des questions fort intéressantes que nous n'avons même pu indiquer dans ce simple compte rendu.

G. Lechalas.

XIV

Essai sur la gamme, par Maurice Gandillot. Un vol. in-8° colombier (31 × 22) de xvi-575 pages avec 453 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Ce n'est pas sans quelque crainte que nous entreprenons de rendre compte de cet ouvrage, car, pour le faire dignement, pour pouvoir dire avec autorité tout son mérite et pour le discuter au besoin, il faudrait posséder une compétence bien supérieure à la nôtre. Puissions-nous du moins faire entrevoir à quel point il est intéressant et combien il mérite de fixer l'attention de tous ceux qui s'intéressent à la théorie musicale!

On peut dire que tout l'ouvrage repose sur cette proposition première ou postulat que « nos jouissances musicales consistent à associer et à comparer entre eux des sons correspondant à des rapports de nombres ou à des fractions simples ».

Ce postulat repose, bien entendu, sur des faits d'observation connus de tous ; mais il les dépasse évidemment, en même temps qu'il écarte par exemple la théorie de la gamme fondée sur la considération des harmoniques. Nous accepterons sans discussion ce postulat et examinerons les conséquences que l'auteur saura en déduire, sans nous laisser aller à discuter avec lui si la gamme composée des harmoniques de la tonique, ramenés au niveau de la première octave, a une valeur musicale ou ne constitue qu'une réalité mécanique sans rôle en harmonie.

Genèse des échelles et des gammes. — Partant de ce fait que la plus petite consonance répond au rapport $\left(\frac{6}{5}\right)$ (tierce mineure), M. Gandillot conclut qu'on ne peut, dans une octave, grouper plus de trois sons distincts consonants, la note à l'octave n'étant pas comptée comme distincte : si en effet il y en avait quatre, l'octave serait divisée en quatre intervalles égaux ou supérieurs à $\left(\frac{6}{5}\right)$; or on a : $\left(\frac{6}{5}\right)^4 > 2$.

L'octave ne peut donc être partagée ainsi qu'en trois intervalles, dont l'un devra être égal à la tierce mineure $\left(\frac{6}{5}\right)$. Si en effet cet intervalle n'y figurait pas, aucun ne serait inférieur à $\frac{5}{4}$; or $\left(\frac{5}{4}\right)^3 = 2 \times \frac{125}{128}$, valeur inférieure à 2; mais, si nous remplaçons l'un des facteurs par la plus petite valeur supérieure $\left(\frac{3}{4}\right)$, le produit dépasserait 2. On doit donc admettre dans le groupement une tierce mineure, et l'ensemble des deux autres intervalles formera l'intervalle $\frac{5}{3}$, renversement de $\frac{6}{5}$.

Ceci acquis, comment se décomposera cet intervalle $\frac{5}{3}$? Ce doit être en deux consonances inférieures à cette fraction, et nous n'avons le choix qu'entre : $\frac{6}{5}, \frac{5}{4}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{8}{5}$.

Mais on doit écarter $\frac{6}{5}, \frac{3}{2}$ et $\frac{8}{5}$, car le troisième intervalle ne serait pas consonant. Il ne reste que $\frac{5}{4}$ et $\frac{4}{3}$, dont le produit est précisément égal à $\frac{5}{3}$ et qui nous donnent les deux intervalles cherchés. Nous obtenons ainsi une tierce mineure, une tierce majeure et une quarte, qui peuvent d'ailleurs se succéder dans deux ordres différents :

$$\ldots \quad q\mathrm{T}tq\mathrm{T}tq\mathrm{T}t \quad \ldots$$
$$\ldots \quad qt\mathrm{T}qt\mathrm{T}qt\mathrm{T} \quad \ldots$$

A ces deux séries fondamentales, on donnera le nom d'*échelles*, la première étant dite *majeure* et la seconde *mineure*.

Quand on se limite à une octave, la succession : deux tierces suivies d'une quarte, donne la forme *authentique;* une quarte

suivie de deux tierces engendre la forme *plagienne*, et une quarte entre deux tierces la forme *antiplagienne*. La qualification d'authentique tient à ce que, comme nous le verrons, la note servant de base à cette forme d'échelle est celle à laquelle l'ensemble des notes en présence *rattache* le plus naturellement.

Une échelle, telle que :

do mi sol do,

constitue pour ainsi dire la plus-simple des gammes, ne permettant que des effets bien pauvres. On l'enrichira en y adjoignant une seconde échelle, dans le rapport le plus simple avec elle, le rapport $\frac{3}{2}$, et cela donne la gamme binaire :

do ré mi sol si do.

En ajoutant encore l'échelle de rapport $\frac{4}{3}$, on obtient la gamme ternaire :

do ré mi fa sol la si do.

C'est notre gamme majeure usuelle, formée au moyen des trois échelles ou accords de la *tonique* T, de la *dominante* D (à la quinte supérieure) et de la *dominée* Δ (à la quinte inférieure).

On obtiendrait exactement de même une gamme mineure en partant d'une échelle mineure.

On obtiendra d'ailleurs de nouvelles gammes en contremodant telle ou telle des échelles de façon à avoir tous les arrangements possibles de trois échelles indifféremment majeures ou mineures; on voit sans peine qu'il y en a huit, savoir, en prenant toujours *do* pour tonique :

Gamme de *do majeur normal* = *do* $\alpha\nu$:

do ré mi fa sol la si.

Gamme de *do majeur orné* = *do* αo :

do ré mi fa sol la bémol *si.*

Gamme de *do majeur alternant* = *do* $\alpha\alpha$:

do ré mi fa sol la bémol *si* bémol.

Gamme de *do majeur pseudique* = *do* $\alpha\psi$:

do ré mi fa sol la si bémol.

Gamme de *do mineur normal* = *do* $i\nu$:

do ré mi bémol *fa sol la* bémol *si* bémol.

Gamme de *do mineur orné* = *do io* :

do ré mi bémol *fa sol la* bémol *si* bécarre.

Gamme de *do mineur alternant* = *do iα* :

do ré mi bémol *fa sol la* bécarre *si* bécarre.

Gamme de *do mineur pseudique* = *do iψ* :

do ré mi bémol *fa sol la* bécarre *si* bémol.

Il est aisé de voir que les gammes dites ornées ont l'échelle dominée mineure et l'échelle dominante majeure ; c'est l'inverse dans les gammes pseudiques, et enfin, dans les alternantes, les échelles dominée et dominante sont de mode opposé à celui de l'échelle tonique.

Le qualificatif « orné » se justifie par le fait que, dans le mode mineur, ce genre rend plus doux le rapport de la septième à la tonique. Quant au genre « pseudique », il doit cette appellation à ce qu'il donne des gammes de degrés presque exactement semblables à ceux de gammes normales ayant d'autres toniques : on voit, en effet, que les notes de *do majeur pseudique* ont mêmes noms que celles de *fa majeur* et *ré mineur normal* et que celles de *do mineur pseudique* ont mêmes noms que celles de *si bémol majeur* ou de *sol mineur normal*.

En mineur, les formes ornée et alternante sont usitées; la forme pseudique l'est moins. Toutefois M. Gandillot donne un exemple emprunté au *Faust* de Gounod, où les mêmes mots : « Oui, c'est toi, je t'aime » sont chantés deux fois : la première, dans le ton principal (*fa* majeur normal) et la seconde, en *sol* mineur pseudique, équiarmé du précédent, et il reproduit aussi un passage de l'ouverture de la *Gwendoline* de Chabrier, où le mineur pseudique est employé pour lui-même.

En majeur, le genre orné s'introduit par l'accord de sixième diminuée : notre auteur en commente très heureusement un exemple emprunté au *Sigurd* de Reyer. Peu usité, le majeur alternant se rencontre dans le chant de la forge du *Siegfried* de Wagner. Quant au majeur pseudique, très usité dans le plain-chant, il n'est plus guère employé pour lui-même, en raison de la complexité du rapport $\left(\frac{9}{5}\right)$ de son septième degré avec la tonique; mais on l'emploie encore dans les oscillations entre équiarmés (exemple tiré du *Crépuscule* de Gounod).

Chacune des huit gammes authentiques dont nous venons de parler peut naturellement se transformer en plagienne ou anti-

plagienne, ce qui engendre finalement vingt-quatre gammes ternaires. Nous verrons plus loin qu'on peut utiliser bien d'autres gammes.

Contrepoint. — Dans les premiers essais d'harmonie, on se bornait à faire marcher avec une première partie une deuxième partie s'accordant avec elle : à chaque note de la première partie en correspondait une de la deuxième, et le travail de l'harmoniste se réduisait à écrire contre chaque note (ou point) du chant donné la note (ou point) de la deuxième partie; d'où le nom de *contrepoint* donné à la forme sous laquelle on pratiquait autrefois l'harmonie.

Les combinaisons qui se présentent le plus naturellement sont celles qui correspondent aux trois échelles constitutives de la gamme; mais, pour varier l'harmonie, le musicien emploie aussi instinctivement les accords posés sur les degrés VI et III (c'est-à-dire, les échelles *connexes* à l'échelle tonique). Une sixième échelle vient ensuite s'ajouter, celle de l'équiarmé, qui n'est ni *voisin* (1), ni connexe du ton. Enfin, on adjoint la *fausse échelle*, formée de deux tierces mineures (*si ré fa*).

L'harmonie ainsi fondée est très consonante, mais n'en est pas moins très modulante et présentant déjà des ressources considérables.

Transformer un air, c'est le reproduire en conservant la durée des notes et des silences, mais en modifiant les hauteurs des notes suivant une règle définie, arbitraire d'ailleurs. Les principales transformations sont la transposition, l'inversion, le contremode et le retournement.

Dans la transposition, on change proportionnellement la fréquence des notes. Dans l'inversion, au lieu de multiplier un nombre fixe par la fréquence des diverses notes données, on le divise par cette fréquence. Il en résulte que l'intervalle entre deux notes du thème donné se retrouve, mais en sens inverse, entre les notes correspondantes du thème inversé. On se rend compte facilement que la forme antiplagienne reste antiplagienne, mais que la forme authentique devient plagienne et réciproquement. Quant au mode, il est changé, tandis que le genre est conservé.

On notera que, si la musique à transformer comprend une partie chantante, on peut inverser séparément le chant et l'har-

(1) Une échelle est *voisine* d'une autre quand elle a pour base le sommet de celle-ci, ou réciproquement.

monie, de façon que le chant reste confié à la même partie que dans l'air donné.

Contremoder un air consiste à changer de mode les trois échelles constitutives du ton dans lequel est écrit l'air donné. On peut d'ailleurs conserver la tonique en changeant l'armure ou conserver l'armure en changeant la tonique. La forme reste sans changement dans le contremode, et les genres normaux et alternants restent tels; mais les genres ornés et pseudiques permutent entre eux. Il est superflu de noter que les modes s'échangent. M. Gandillot cite un très heureux emploi du contremode fait par Gounod dans le chœur des soldats de *Faust*.

Enfin, le retournement résulte d'une inversion et d'un contremodage successifs. L'ordre des deux opérations est d'ailleurs indifférent. Dans le retournement, le mode ne change pas; les genres normaux et alternants restent tels; les genres ornés et pseudiques permutent entre eux. L'échelle tonique conserve son échelle, tandis que les autres échelles permutent deux à deux.

On doit remarquer que tous les retournements d'un air sont des transpositions les uns des autres, ainsi qu'il en est séparément des résultats d'une inversion et d'un contremodage. Étant d'ailleurs donnés un air, son inversion, son contremode et son retournement, on peut prendre l'un quelconque d'entre eux pour *air donné* et en déduire les trois autres par les mêmes transformations.

Dissonance. — M. Gandillot fait ressortir toutes les difficultés que soulèvent les diverses théories de la dissonance, puis conclut : « Toutes ces contradictions et difficultés disparaissent si l'on remarque que, pour consonner dans un certain ton, les notes d'un accord doivent appartenir à une même échelle; dès lors, si l'on appelle *dissonant* ce qui n'est pas consonant, on est amené à proposer la définition suivante :

« *Un accord dissonant est celui qui réunit des notes provenant d'échelles différentes.* »

Notre auteur montre ensuite que cette conception de la dissonance dissipe les difficultés auxquelles on se heurtait.

Après quoi, il s'attaque au prétendu principe que tout accord doit pouvoir être ramené à une série de notes s'échelonnant par tierces; puis il aborde l'étude des accords dissonants naturels. Nous ne le suivrons pas dans le détail de tous les accords que l'on obtient par la combinaison d'une des échelles Δ, T, D du ton, soit avec une autre de ces échelles, soit avec l'échelle T de l'un des trois tons équiarmés; mais nous essaierons de montrer, avec lui,

combien la genèse de ces accords par réunion d'échelles fait mieux pénétrer dans leur constitution intime que leur genèse par superposition de tierces.

Un même accord, *si ré fa la*, par exemple, peut avoir des origines bien différentes et jouer par suite des rôles distincts. Même en nous bornant aux cas où il appartient à des tons du champ néant, il peut avoir de nombreuses origines. En effet, il peut provenir de la fusion des échelles *ré* et *sol*, *ré* étant le mineur pseudique équiarmé de *do* et *sol* étant la dominante de *do*, ou le majeur pseudique équiarmé, ou le ton voisin, etc., ou bien *ré* peut être la dominée de *la*, ou son équiarmé ou son voisin, *sol* étant le majeur pseudique équiarmé de *la*, etc.

Dans ces divers cas, l'échafaudage harmonique complet est *sol si ré fa la*; mais l'accord *si ré fa la* peut aussi être une abréviation de l'accord *sol si ré fa la do*, formé par les échelles *sol* et *fa* et où *sol* et *fa* peuvent jouer des rôles bien divers. Le même accord *si ré fa la* peut aussi être une abréviation de *mi sol si ré fa la*, fusion des échelles *mi* et *ré*, où encore *mi* et *ré* peuvent jouer bien des rôles.

On voit de suite combien la genèse par fusion d'échelles ouvre des horizons étrangers à la superposition de tierces.

Qu'il nous suffise d'ajouter à ces indications la distinction des accords bissonants et trissonants suivant qu'ils proviennent de la superposition de deux ou trois échelles, plus ou moins complètes d'ailleurs.

A propos des accords dissonants altérés, M. Gandillot fait bien ressortir les difficultés résultant des définitions que l'on en donne couramment, difficultés paraissant provenir de ce qu'on ne fait pas état des quatre variantes sous lesquelles peut se présenter la gamme de chacun des deux modes. Pour lui, un accord altéré est celui qui réunit des notes issues de gammes différentes; toutefois on doit remarquer que, dans les accords dissonants naturels, il admet, outre la tonalité régnante, les tonalités environnantes entre lesquelles on oscille. Notons d'ailleurs que certains accords peuvent être tenus pour naturels ou altérés selon la façon dont on les envisage. Ici comme précédemment, la théorie de M. Gandillot paraît approfondir beaucoup plus la constitution musicale intime que ne le font les théories courantes qui, bien souvent, semblent s'attacher exclusivement à des caractères superficiels.

La préparation d'une dissonance est, en quelque sorte, son explication préalable, destinée à permettre à l'auditeur d'appré-

cier des intervalles trop complexes pour lui être présentés d'emblée. Elle se réalise naturellement en faisant entendre d'abord isolément une des deux échelles combinées.

Si un accord dissonant altéré résulte de la combinaison de deux échelles n'appartenant pas à la même gamme, il est indispensable que la dissonance se résolve par l'affirmation d'une gamme déterminée. D'après les règles de l'École, la résolution devait se produire par une marche descendante d'un degré de la note dissonante, ou *note à marche contrainte*, comme on disait. Mais cette prétendue règle souffrait mainte exception. En réalité, la résolution consiste uniquement dans le retour à un accord consonant, ce qui peut se faire par échelons : d'un accord trissonant, par exemple, on passera à un accord bissonant, puis de celui-ci à un accord dissonant naturel, et enfin à une échelle unique.

L'erreur commise par l'École paraît tenir à ce qu'elle a envisagé les accords dissonants à l'état statique, pour ainsi dire, et non dans le mouvement musical de la composition; or, dans cet état statique, on a affaire non à une résolution proprement dite, mais à un *rattachement* pour lequel existe bien, nous le verrons, la pseudo-loi formulée pour les résolutions. Nous ne pouvons d'ailleurs que signaler l'étude détaillée faite par M. Gandillot de la résolution de l'accord de septième de dominante.

Rattachements. — « Supposons qu'un musicien entende isolément un groupe de sons tels que *do mi* ou *sol si ré fa* ; par hypothèse, l'accord entendu, consonant ou dissonant, n'est précédé ni suivi d'aucun autre son pouvant contribuer à établir une tonalité ; néanmoins le musicien rattachera inconsciemment l'accord entendu à une certaine tonalité. »

Au lieu des accords précédents où tout conduit à rattacher à la tonalité de *do* naturel majeur, prenons le groupe *la do*. Reber, dans son *Traité d'harmonie,* dit que, si on le rattache plutôt à *fa* majeur qu'à *la* mineur, cela tient à ce que le mode mineur est *conventionnel* et *imparfait*. On a dit aussi que la concomitance des sons *la do* engendre *fa* comme son de différence. La première raison est faible, car, si l'échelle mineure est moins simple que la majeure, elle est aussi naturelle ; quant à la seconde, elle n'explique pas le même rattachement quand les deux notes sont entendues successivement. L'explication de M. Gandillot, reposant sur le principe auquel est dû le son de différence, a l'avantage de ne pas exiger l'audition de ce son et d'être par suite compatible avec la non-simultanéité des sons.

La$_3$ et *do*$_4$ correspondent aux nombres de vibrations :

$$435 = 87 \times 5 \text{ et } 522 = 87 \times 6.$$

Lors donc que nous percevons la tierce *la*$_3$ *do*$_4$, nous percevons trois phénomènes périodiques : les deux notes, qui font respectivement cinq et six périodes en $\frac{1}{87}$ de seconde, et le fait même de concomitance de ces deux mouvements vibratoires qui engendre un phénomène ayant $\frac{1}{87}$ de seconde pour période et faisant entendre, disons-le, le son de différence, s'il est perçu comme son. Mais ce dernier fait n'est pas nécessaire, non plus que la concomitance même des sons donnés, pour qu'il y ait évocation de la note ayant la dite fréquence, c'est-à-dire *fa*$_1$. On appelle cette note *géniteur* de l'accord donné, et l'on voit que c'est la note qui a pour fréquence le plus grand commun diviseur des fréquences des notes proposées, ou la plus haute note admettant ces mêmes notes parmi ses harmoniques. Comme d'ailleurs ces harmoniques possèdent des rangs rapprochés, leurs périodes se comparent facilement à celle de *fa*$_1$ ou bien, en raison du privilège des octaves, à *fa*$_2$, *fa*$_3$, etc. La définition du géniteur s'étend au cas d'un plus grand nombre de notes données.

Quand les deux notes ont des fréquences X et Y proportionnelles à deux carrés, ces fréquences et celle du géniteur sont liées par des relations de la forme :

$$X = Gx^2$$
$$Y = Gy^2$$

Il existe alors une note dont la fréquence est moyenne géométrique entre X et Y :

$$M = Gxy;$$

c'est le *médiaire*, qui est un des harmoniques du géniteur et qui partage par moitié l'intervalle des notes X et Y. Il est susceptible d'exercer une grande influence dans les rattachements.

Étudions ceux de groupes de deux notes :

La quinte *do*$_1$ *sol*$_1$ a pour géniteur *do*$_0$ et rattache au ton de sa base. La quarte *sol*$_1$ *do*$_2$ a pour géniteur *do*$_0$ et rattache au ton de son sommet. De même on voit que la tierce majeure rattache au ton de sa base. Quant à la tierce mineure, son géniteur la ferait rattacher à une tierce majeure plus bas que sa base; mais l'usage

habituel de l'échelle mineure permet de rattacher aussi au ton mineur de la base. Les sixtes mineure et majeure, renversements des tierces majeure et mineure, ont mêmes rattachements que celles-ci.

Ces considérations sur le rattachement font bien comprendre pourquoi deux intervalles égaux, tels que deux quartes, peuvent avoir des consonances très inégales quand ils surviennent alors qu'une tonalité est établie : si cette tonalité est *do*, la quarte *sol do* consonnera évidemment beaucoup mieux que la quarte *do fa*.

M. Gandillot étudie aussi les rattachements des intervalles dissonants, puis il passe aux groupes de trois sons. Ici l'étude se complique et devient en même temps fort intéressante.

Les seules combinaisons consonantes de trois notes sont les deux accords parfaits. En ce qui concerne le majeur, il comprend trois intervalles qui, tous trois, nous l'avons vu, rattachent au ton de la base de l'accord ; ce rattachement s'imposera donc, et cela d'autant plus que le géniteur commun de l'accord conduit au même résultat. Au contraire, les trois intervalles rattachent chacun à une note différente, et les notes ainsi évoquées appartiennent à l'échelle corrélative : *mi sol si* évoque donc *do mi sol ;* de plus, le géniteur commun est la tonique de cette échelle évoquée.

Ces faits ont été pour nous une révélation, car nous n'avions jamais trouvé dans la différence de simplicité des rapports une explication suffisante des différences d'effets des modes majeur et mineur : nous voyons maintenant combien le premier doit s'affirmer plus puissamment que le second.

Sans entrer dans l'étude des rattachements des accords dissonants, nous ferons remarquer que, pour eux, les résultats diffèrent notablement selon que l'on opère sur une gamme juste ou sur une gamme tempérée.

Sautons tout ce qui concerne les rattachements de quatre, cinq ou six notes et passons de suite au résultat de l'étude du rattachement d'une gamme entière. Si les sept degrés d'une gamme sont définis par leurs nombres de vibrations, le rattachement sera toujours fait à la tonique ; mais si l'on entend la gamme sans aucun indice étranger, sans entendre la note de départ ni celle d'arrivée, on peut en principe rattacher à l'un quelconque des tons équiarmés. Toutefois, il n'y a pas complète indétermination : il y a même détermination absolue si la gamme est ornée, car, alors, elle n'a pas d'équiarmée ; si elle est alternante, des

deux tons possibles, distants d'une quinte, l'un majeur et l'autre mineur, c'est ce dernier qui sera choisi, car il ne contient pas le degré complexe $\frac{9}{5}$ qui se trouve dans l'autre; enfin, dans le cas d'une gamme de genre ancien, normale ou pseudique, s'il y a quatre équiarmées, l'une, la gamme majeure normale, est d'un type beaucoup plus simple, et l'esprit s'y arrêtera de préférence.

La théorie des rattachements permet d'expliquer certaines *attractions* généralement observées, en même temps qu'elle montre pourquoi ces attractions, telles qu'on a coutume de les formuler, n'existent pas à l'état de lois générales, mais sont seulement conformes aux conséquences les plus ordinaires des rattachements : aussi y a-t-il de nombreux exemples de dérogation à ces pseudo-lois, par exemple à celle d'après laquelle les notes dissonantes auraient propension à résoudre en descendant, exception faite toutefois pour la sensible qui éprouverait une tendance spéciale à résoudre, par une marche ascendante, sur la tonique.

Il faut bien noter d'ailleurs la distinction entre les rattachements et les résolutions. Les premiers supposent un ensemble de sons entendus *ex abrupto :* il y a alors une tendance instinctive déterminée par ce seul ensemble, et il est possible de formuler de véritables lois. Au contraire, lorsqu'un accord dissonant se rencontre au cours d'une composition musicale, sa résolution dépendra, non seulement de cet accord considéré en lui-même, mais aussi de la tonalité établie et de l'inspiration ou des sentiments du compositeur. Ce dernier élément justifie le deuxième terme de la comparaison suivante, formulée par M. Gandillot : Quand un objet inanimé se trouve suspendu en l'air par une corde, il est facile de prévoir où il tomberait si la corde venait à se rompre; mais il serait hasardeux de chercher à deviner le point où va être dans un instant le poulain que l'on voit bondir et s'ébattre au milieu de la prairie. Ainsi en est-il du rattachement et de la résolution.

Enharmonie. — En traitant de l'enharmonie, on confond généralement trois choses bien distinctes, l'amphitonie, la gétophonie et l'hétérographie.

L'amphitonie est la propriété que possèdent certains accords d'appartenir à deux ou plusieurs tons. Ainsi, l'accord *sol si ré* appartient à *do* majeur et à *do* mineur.

Dans d'autres cas, il n'y a pas identité entre deux accords de tons différents, mais des différences très faibles. Soit, par

exemple, l'accord *ré fa la do* pris dans les tons de *do* et de *fa* majeurs. Il n'est pas identique dans les deux cas, car la tierce *ré fa* vaut $\frac{32}{27}$ dans la tonalité *do* et $\frac{6}{5}$ dans la tonalité *fa* : elle est donc un peu moindre dans la première. Pratiquement, les deux accords peuvent être assimilés : s'ils ne sont pas homophones, ils sont *gétophones*. On remarquera, du reste, qu'avec la gamme tempérée les accords théoriquement gétophones deviennent identiques.

Enfin l'*hétérographie* consiste à représenter un même son par des écritures différentes, ce qui n'est possible, croyons-nous, qu'avec la gamme tempérée, dans laquelle, par exemple, le ton de *sol* bémol majeur ne diffère que par l'écriture du ton de *fa* dièse majeur. Cela n'a aucune importance et ne peut que permettre de simplifier des écritures.

On a la fâcheuse habitude de confondre sous le nom d'enharmonie les trois choses distinctes dont nous venons de parler et qui servent à préparer une modulation, du moins les deux premières puisque la dernière ne fait que changer les noms. On voit facilement comment l'amphitonie permet de passer d'un ton dans un autre par l'intermédiaire d'un accord appartenant aux deux tons ; quant à la gétophonie, elle joue le même rôle par à peu près.

Nous ne saurions suivre M. Gandillot dans l'étude détaillée des modulations, mais nous tenons à signaler une de ses remarques. Considérons les trois modulations suivantes :

PREMIÈRE MODULATION	DEUXIÈME MODULATION	TROISIÈME MODULATION
A_1 = accord de *do* majeur	A_2 = accord de *do* majeur	A_3 = accord de *do* majeur
B_1 = *la do mi sol* (accord sur le VIe degré de *do*)	B_2 = *ré fa la do* (accord sur le IIe degré de *do*)	B_3 = *si ré fa la* bémol (accord sur le VIIe degré de *do*)
C_1 = *la do mi sol* (accord sur le IIIe degré de *fa*)	C_2 = *ré fa la do* (accord sur le VIe degré de *fa*)	C_3 = *si ré fa sol* dièse (accord sur le IIe degré de *la*)
D_1 = accord de *fa* majeur	D_2 = accord de *fa* majeur	D_3 = accord de *la* majeur

Bien souvent on considère la troisième modulation comme très différente des deux autres parce qu'elle se fait au moyen de la substitution d'un *sol* dièse à un *la* bémol, différence matérielle qui frappe les yeux et n'existe pas dans les deux premières modulations. Mais, en réalité, il y a plutôt différence entre la première et les deux suivantes. Si en effet il n'y a que gétophonie dans la

dernière modulation, il en est de même dans la deuxième, malgré l'identité des écritures, tandis qu'il y a amphitonie dans la première modulation.

Intervalles. — Dans la gamme tempérée, l'octave est partagée en douze grades ou *gêtés* égaux (1). On a transporté cette mesure dans la gamme exacte, mais alors le grade ou demi-ton a une valeur essentiellement variable et ne constitue qu'une unité de mesure très imparfaite. Ainsi la quarte augmentée et son renversement, la quinte diminuée, correspondent tous deux à six grades; or ces intervalles ont pour valeurs respectives $\frac{25}{18}$ et $\frac{36}{25}$, en sorte que leur différence est $\frac{36}{25} : \frac{25}{18} = \frac{36}{25} \times \frac{18}{25}$, ce qui diffère très peu du dièse $\frac{25}{24}$ ou demi-ton chromatique. Fait encore plus frappant : ce demi-ton et le demi-ton diatonique $\frac{27}{25}$, qui existe dans les gammes pseudiques, sont à peu près dans le rapport de un à deux, ce qui ne les empêche pas d'avoir un grade pour valeur commune.

En général, l'écart est bien moindre, et on désigne sous le nom de *commas* ces petits intervalles. Les trois plus fréquents sont :

$$x = \frac{81}{80} = \frac{3^4}{2^4.5}, \quad x' = \frac{3^{12}}{2^{19}}, \quad x'' = \frac{128}{125} = \frac{2^7}{5^3}.$$

On peut d'ailleurs presque toujours exprimer de façon simple un comma en fonction de x' et x''.

Les mêmes notes dans deux tonalités différentes n'ont pas exactement la même valeur : ainsi le *ré* qui vaut $\frac{9}{8}$ en *do* majeur ne vaut que $\frac{10}{9}$ en *la* mineur, avec une différence égale au comma x.

Tous les intervalles fournis par la gamme ont pour formules des expressions monômes en fonction des facteurs 2, 3 et 5; mais ces formules sont très complexes pour les intervalles dissonants. On en obtient de beaucoup plus simples en fonction des trois fractions :

$$z = \frac{16}{15}, \quad u = \frac{25}{24}, \quad x = \frac{81}{80}.$$

(1) Gêté, abréviation de grade tempéré.

On se sert donc, suivant les cas, de l'une ou de l'autre des formules :

$$N = 2^a\ 3^b\ 5^c$$
$$N = z^A\ u^B\ x^C.$$

En particulier, les intervalles de la gamme sont les suivants :

do	*ré*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*	*do*
$2^{-3}.3^2$	$2.3^{-2}.5$	$2^4.3^{-1}.5^{-1}$	$2^{-3}.3^2$	$2.3^{-2}.5$	$2^{-3}.3^2$	$2^4.3^{-1}.5^{-1}$	
zux	zu	z	zux	zu	zux	z	

Nous nous limiterons à ces quelques indications sur un mode de calcul des intervalles dont M. Gandillot fait ressortir les avantages.

Nous arrivons maintenant à la question des deux gammes de Ptolémée et de Pythagore. Celle de Ptolémée nous est fournie par trois échelles conjointes ; celle de Pythagore est formée par la succession de sept quintes, les notes ainsi obtenues étant ramenées dans l'étendue d'une octave (1).

On voit d'abord que, la quinte étant donnée par le rapport $\frac{3}{2}$, toutes les notes s'expriment au moyen des seuls facteurs 2 et 3, et l'on remplacera les unités z, u, x par les deux unités z' et u' définies par les relations :

$$\frac{3}{2} = z'^4 u'^3 \text{ et } \frac{2}{1} = z'^7 u'^5.$$

On sait qu'on soutient souvent que la gamme de Pythagore est celle de la mélodie, tandis que celle de Ptolémée serait celle de l'harmonie : c'est ce qu'ont notamment appuyé d'expériences intéressantes MM. Cornu et Mercadier. M. Gandillot discute de façon fort curieuse la portée réelle des faits.

En *do* majeur, la quinte *ré la* vaut $\frac{3}{2}$ en gamme pythagoricienne et $\frac{40}{27}$ en gamme ptoléméenne : si un violoniste la fait égale à $\frac{3}{2}$, devrons-nous en conclure qu'il joue dans la première gamme?

(1)

do	*ré*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*
$\frac{1}{1}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$

D'abord, si le violoniste exécute les notes *ré* et *la* par les *à vide* de la deuxième et de la troisième corde, un phonautoscope enregistrera forcément la valeur $\frac{3}{2}$, puisque, avant de jouer, l'artiste a accordé son instrument par quintes $\frac{3}{2}$.

Il en sera de même si l'artiste a exécuté des octaves des sons précédents ou s'il a exécuté ces mêmes sons sur d'autres cordes; non seulement les *à vide* vibreront encore par résonance, mais le *ré* produit sur la corde *sol* et le *la* produit sur la corde *ré* formeront eux-mêmes une quinte $\frac{3}{2}$, car, par la pratique, l'artiste a dû repérer le placement de sa main par rapport au manche du violon et le placement de ses doigts par rapport à sa main, en sorte qu'il posera les doigts aux distances qui correspondent aux intervalles habituels.

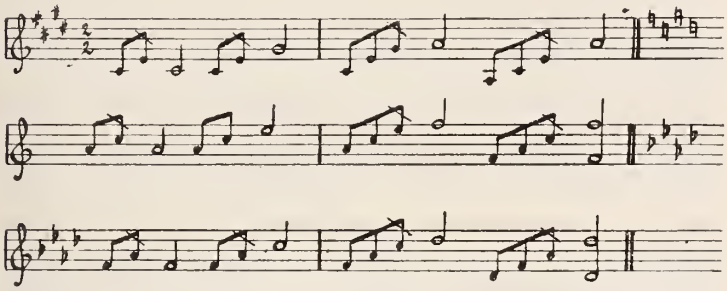
Renonçons donc à expérimenter avec un violoniste et considérons la voix humaine.

Si, dans l'air chanté, les notes *ré* et *la* se présentent au cours d'une oscillation dans l'un des trois tons équiarmés de *do*, par exemple en *ré* pseudique ou en *sol* pseudique, comme la quinte *ré la* y est une quinte d'échelle, elle aura forcément la valeur $\frac{3}{2}$, et comme on omet très souvent de noter ces oscillations dans les équiarmés, on se figure que l'artiste suit la gamme de Pythagore.

Il est donc nécessaire de choisir un air dans lequel on se soit assuré que le *ré* est bien sommet de l'échelle dominante et le *la* médiante de l'échelle dominée. Et encore nous ne serons pas sûrs que l'artiste ptoléméen donnera à la quinte *ré la* sa valeur $\frac{40}{27}$: si ces notes se présentent séparément, dans leurs échelles, ce rapport sera bien réalisé ; mais, si elles se présentent consécutivement, sans que l'intonation du *la* soit facilitée par la proximité de l'échelle dominée, le chanteur ne verra que la quinte, intervalle facile à donner avec sa valeur d'échelle, et il est fort probable qu'il l'émettra ainsi.

Ajoutons que l'habitude de chanter avec des instruments à sons fixes peut amener un chanteur à adopter la gamme de Pythagore : dans l'impossibilité où il est de retenir la gamme tempérée, il s'en rapprochera autant que possible par l'adoption d'une gamme dont les degrés conjoints sont bien plus uniformes que dans celle de Ptolémée.

Nous avons vu tout à l'heure à quelles erreurs on est exposé si l'on veut se rendre compte de la gamme dans laquelle on chante; il est cependant aisé de la reconnaître. Considérons en effet la figure suivante, formée de trois reprises de deux mesures chacune, écrites respectivement dans les champs quatre dièses, néant et quatre bémols, tout à fait semblables entre elles. Dans chaque reprise on module d'un ton mineur à son corrélatif, qui est le ton majeur situé à une tierce majeure plus bas; puis on minorise ce ton en passant à la reprise suivante. Les toniques successives s'échelonnent donc par tierces majeures descendantes (*do* dièse, *la*, *fa* et *ré* bémol), la dernière d'entre elles n'étant autre chose que l'enharmonique de la première. Ce dernier fait permettrait même de reprendre *da capo* et d'accumuler ainsi autant de modulations par tierces majeures qu'on le désirerait. Mais nous allons voir qu'il suffit au but cherché de chanter une seule fois ces trois groupes de deux mesures.



Si en effet au départ on s'est donné le *do* dièse avec un piano, on arrivera à la fin à un *ré* bémol qui, au lieu d'être identique au *do* dièse comme sur le piano, sera ou bien au-dessus de lui de x'', si l'on a chanté dans la gamme ptoléméenne, ou bien au-dessous de lui de x', si l'on a chanté dans la gamme pythagoricienne. Or x' et x'' sont bien assez considérables pour qu'on reconnaisse le sens de l'écart : x' est en effet approximativement égal à $\frac{3}{13}$ de gété ou grade tempéré et x'' à $\frac{3}{7}$ du même intervalle.

En reprenant plusieurs fois *da capo*, on pourrait mesurer expérimentalement x' et x'' en comptant le nombre de reprises nécessaire pour descendre ou monter d'un gété. On remarquera que l'aphorisme : *la voix monte toujours* semble indiquer qu'on chante généralement dans la gamme ptoléméenne.

Gammes diverses. — Si la gamme est simplement une collection de notes soumises à la condition d'être en rapports simples avec l'une d'entre elles, le nombre des gammes imaginables est extrêmement considérable : nous nous bornerons à peu près à donner une idée générale du principe de l'étude de toutes ces gammes.

Leur classement fondamental repose sur le nombre des facteurs premiers qui composent les nombres exprimant les rapports des divers degrés à la tonique : c'est ainsi que nous avons vu que la gamme de Pythagore ne recourt qu'à deux facteurs premiers et est par suite *digène*, tandis que la gamme de Ptolémée emploie trois facteurs et est *trigène*.

Nous sommes amené ici à définir la gamme *chromatique* correspondant à un système donné de facteurs premiers : elle est formée de l'ensemble des sons *pratiquement distincts* engendrés à l'aide de ces facteurs.

Si l'on compare le douzain chromatique tempéré obtenu artificiellement en divisant l'octave en douze intervalles égaux, au douzain chromatique de Pythagore ou gamme chromatique digène formée par quintes $\frac{3}{2}$, on reconnaît facilement que l'écart est de un comma x' pour sept octaves. Les deux toniques coïncidentes étant au milieu, l'écart maximum entre une note digène et sa correspondante tempérée est au plus de $\frac{x'}{2}$ ou de $0{,}6x$. Quant à la gamme trigène 2, 3, 5, elle atteint un écart $0{,}7x$, ce qui n'est guère plus; mais la gamme trigène présente avec les deux autres une dissemblance très sensible, consistant en ce que ses notes, contrairement à ce qui a lieu dans les gammes chromatiques digène et tempérée, ne sont pas équidistantes.

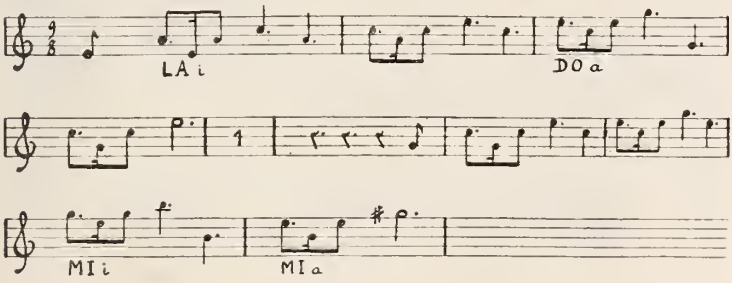
Le plain-chant repose sur un principe intéressant de variation de tonalité sans changement de la tonique ni des sept notes de la gamme. Quand on fait usage d'une gamme déterminée, on peut considérer les degrés dans leurs rapports avec une note autre que la tonique qui sera la note finale, mais qui ne prédominera pas. Si la note prédominante est la quinte, on aura le mode « quinté »; si la quarte, le mode « quarté »; si la tierce ou la sixte, le mode « tiercé » ou « sixté ». Tel est le principe du plain-chant.

Toute cette étude des gammes diverses est fort intéressante, mais nous entraînerait beaucoup trop loin. Aussi nous en tien-

drons-nous aux quelques indications qui précèdent et ne dirons-nous même rien du chapitre consacré aux gammes tétragènes.

Applications musicales. — M. Gandillot appelle *oscillation* l'emploi épisodique d'un ton autre que le ton établi ; il y a *changement de ton*, lorsqu'on reste un temps notable dans le nouveau ton ; le changement de ton prend d'ailleurs le nom de *modulation*, quand le nouveau ton procède du premier par une filiation suffisamment intelligible. Notre auteur, du reste, donne de la modulation une théorie beaucoup plus pénétrante que celle de Reber, par exemple, qui, dans son *Traité d'harmonie*, enseigne que toute modulation est provoquée ou déterminée par un ou plusieurs *accidents* que ne comporte pas le ton que l'on quitte. Après avoir montré à la fois l'insuffisance et l'inexactitude de cette théorie, ainsi que de celle de Fétis, qui voit dans la dissonance l'origine essentielle de la modulation, M. Gandillot distingue les modulations par parenté et les modulations par amphitonie.

Lorsque les deux tons ont des éléments communs dans leurs échelles toniques, rien n'est plus facile que de passer sans aucune préparation d'un ton dans l'autre. L'air de la Chevauchée des Walküres donne un exemple caractéristique du passage d'un ton à son connexe, qui a une tierce en commun ; la modulation faite deux fois de suite est suivie du passage d'un ton au ton de même tonique mais de mode différent.



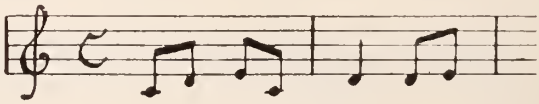
Ce n'est là qu'un exemple des nombreuses parentés étudiées avec détail par M. Gandillot. Il montre d'ailleurs comment on peut préparer une modulation par parenté sans recourir à une dissonance, au moyen d'un ton possédant une parenté plus étroite avec chacun des deux tons considérés.

On a déjà vu que, dans les modulations par amphitonie, on

fait entendre un accord ou un dessin mélodique pouvant appartenir au ton établi ou au ton vers lequel on veut moduler. Là encore la modulation peut se réaliser sans passer par une dissonance. Notons les caractères opposés que possèdent, au point de vue des modulations, les accords *de septième diminuée* et *de septième de dominante*. Le premier est relié aux douze toniques de la musique tempérée par des voies presque toutes faciles, en sorte qu'il se prête à toutes les modulations (1). Le second, au contraire, n'est en communication facile qu'avec la tonique située à une quarte au-dessus de sa base, en sorte qu'il possède une grande force modulatoire vers cette tonique.

Nous ne saurions suivre M. Gandillot dans les analyses qu'il donne d'un certain nombre de fragments musicaux; mais nous signalerons celle du choral de Luther, tel que l'a harmonisé Meyerbeer dans les *Huguenots*. Grâce aux accords ajoutés par lui, le ton se déplace sans cesse, à tel point que l'on compte régulièrement deux tons par mesure, et tout cela sans qu'il y ait plus de deux accidents en dix mesures.

Abordant ensuite la critique des traités d'harmonie, M. Gandillot entre dans des détails où nous ne saurions le suivre, mais nous montrerons de quelle façon lumineuse il traite la question des successions de quintes, qu'on a coutume de déclarer « formellement interdites », tout en reconnaissant que les Maîtres dérogent à la règle. Il est bien clair d'abord que toute répétition d'un même intervalle expose à la monotonie et que le danger est plus grand s'il s'agit d'un intervalle facilement reconnaissable entre tous. Mais il n'y a évidemment pas là un motif d'interdiction. En réalité, il y a de bien plus grands dangers à employer aveuglément des successions de quintes. Soit, par exemple, le chant : « J'ai du bon tabac dans ma... » :



et voyons ce qui se produira si l'on accompagne chaque note à la quinte.

Do, tonique, est accompagné par *sol*, sommet de l'échelle : rien de choquant. La deuxième note est *ré*, sommet de l'échelle domi-

(1) Notons que cet accord est *neutre*, n'est ni majeur ni mineur, car, s'il appartient à un ton, il appartient aussi au même ton de mode contraire.

nante; si on l'accompagne de sa quinte *la*, on évoque l'échelle équipseudique *ré fa la* et non l'échelle *sol si ré*, détournant ainsi *ré* de sa signification la plus naturelle : la chose n'a d'ailleurs rien d'absolument condamnable. Mais voici le *mi*, note de l'échelle tonique et chantée sur temps fort, qui s'accompagne du *si*, évoquant ainsi l'échelle *mi* contre toute raison, et cela ne serait pas moins choquant si la quinte *ré la* n'avait pas précédé. Ainsi, à employer sans attention des successions de quintes, on s'expose à de véritables non-sens, et cela explique l'interdiction de ces successions par des théoriciens qui n'approfondissent pas leur sujet. Prouvons d'ailleurs qu'ils ont tort de formuler cette interdiction en montrant que des suites de quintes peuvent ne rien produire de tel.

Soit une harmonie à quatre parties s'échelonnant d'une basse à un ténor, que nous supposerons chargé du chant principal. Supposons, du reste, que la basse chante constamment la base de l'échelle à laquelle appartient la note du ténor. Dans cette hypothèse, on pourra toujours faire chanter par l'une des parties intermédiaires la quinte de la note de la basse, quinte qui ne constituera jamais un contre-sens, puisqu'elle appartiendra toujours à l'échelle du moment; au contraire, la quinte de la note du ténor détonnerait chaque fois que celle-ci serait sommet ou médiante d'échelle.

On connaît le curieux *Conservatoire de l'avenir* de M. Josset(1). Or, il y énonce, à titre empirique, les quatre règles suivantes qui, dit-il, sont vérifiées quatre fois sur cinq :

1° S'il y a un intervalle de quarte dans un accord ou dans une mélodie, la note supérieure de cette quarte indique l'accord ;

2° S'il y a un intervalle de quinte dans un accord ou dans une mélodie, la note inférieure de la quinte indique l'accord ;

3° S'il y a un accident ou une altération quelconque dans un accord ou dans une mélodie, la tierce au-dessous de cet accident indique l'accord ;

4° S'il y a un intervalle de seconde dans un accord ou dans une mélodie, la note supérieure indique l'accord.

En effet, remarque M. Gandillot, si les deux notes de la quarte

(1) M. Josset, directeur-fondateur des cours de musique de l'Institution de Saint-Jean de Dieu à Paris, a imaginé la *typophonie* qui est l'art de correspondre avec des sons, au moyen de la représentation des lettres de l'alphabet vulgaire par des notes ou combinaisons de notes. On trouve dans l'ouvrage cité des extraits d'une *Rédemption de Faust* et d'un *Songe de la Vierge* où les paroles sont ainsi traduites par le chant.

appartiennent à une même échelle, la base de celle-ci est le sommet de la quarte, et pareillement si les deux notes distantes de quinte appartiennent à une même échelle, celle-ci pouvant servir d'accompagnement à la mélodie et ayant pour base la note inférieure de la quinte, on peut dire que cette dernière note indique l'accord.

En troisième lieu, si l'on analyse les divers cas d'oscillations où apparaît un accident, on constate que presque toujours les notes recevant l'accident sont médiantes dans leur échelle, ce qui justifie la règle de M. Josset.

Enfin, deux notes formant seconde appartiennent à une harmonie dissonante : la plus employée étant l'accord de septième, il y a grande chance pour que la note supérieure de la seconde indique l'accord. Mais on voit en même temps que dans tout cela il n'y a nulle nécessité et que, comme l'indique M. Josset, il ne s'agit que de probabilités.

L'étude des styles musicaux nous obligerait à entrer dans trop de détails, et, d'autre part, la discussion sur les traités d'harmonie est trop technique pour que nous l'abordions. Aussi passerons-nous de suite à l'étude du tempérament dont nous avons déjà parlé plus d'une fois.

Tempérament. — Nous avons déjà vu combien la gamme de Ptolémée s'écarte de la gamme tempérée, obtenue en divisant l'intervalle d'octave en 12 parties égales, écart se produisant tant dans la valeur absolue de certaines notes que dans celle des intervalles. Mais il y a plus : les sons nécessaires pour pouvoir moduler se multiplient indéfiniment, attendu que leurs intervalles n'ont pas de commune mesure *i :* pour qu'ils en eussent une, il faudrait, en effet, que les sons musicaux fussent eux-mêmes de la forme A^{k_i}, k étant un entier. Or, on sait qu'il n'en est rien, puisqu'ils sont de la forme 2α, 3β, 5γ. Il était donc de toute nécessité, pour se servir d'instruments à sons fixes, de s'écarter de la gamme juste, ce qu'on a fait, nous venons de le répéter, en adoptant la gamme tempérée :

$$2^0 \quad 2^{\frac{1}{12}} \quad 2^{\frac{2}{12}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2^{\frac{11}{12}} \quad 2^1 .$$

La division peut se faire avec un nombre autre que 12. L'intervalle moyen, grade tempéré ou *gété,* correspondant au nombre 12 remplace 4 intervalles justes $\frac{25}{24}$, $\frac{135}{128}$, $\frac{16}{15}$ et $\frac{27}{25}$, très

différents les uns des autres, mais échelonnés à peu près également d'un comma tempéré ou *cété*, et l'octave comprend 53 cétés. En remplaçant 12 par 53, on obtiendrait une gamme tempérée d'une grande précision.

Ne pouvant songer à multiplier le nombre des touches d'un clavier, ne fût-ce que pour réaliser le tempérament 24, M. Gandillot a imaginé un *ajusteur* qui fait correspondre à volonté les 12 touches à 12 des n sons que comporte le portant à chaque octave. Il suffit, quand une modulation se produit, de faire fonctionner l'ajusteur pour jouer avec des sons très voisins de ceux de la nouvelle gamme juste. Lorsque $n = 53$, on obtient le *cétépiano*, capable de donner des sons espacés seulement d'un cété. On trouvera, dans l'ouvrage de M. Gandillot, des détails techniques sur la construction de cet instrument.

Le choix du cété comme unité de mesure des intervalles permet une simplification intéressante des calculs musicaux. On sait que ces intervalles s'expriment couramment au moyen des logarithmes à base 10 des rapports auxquels ils correspondent, et ces logarithmes sont des nombres incommensurables dont il faut prendre un nombre notable de chiffres pour avoir une approximation suffisante. Or, si on les multiplie par le rapport $\frac{53}{0{,}3010\,300}$, dont le dénominateur est le logarithme de 2, il se trouve que le nombre répondant à chaque intervalle diffère très peu d'un entier, en sorte que ces *logarithmes musicaux* sont susceptibles de recevoir une forme approchée très simple.

Bien long a été notre résumé de l'ouvrage de M. Gandillot, et cependant nous n'avons évidemment pas su éviter le défaut d'aridité. Puissions-nous avoir montré combien sa théorie de la gamme permet d'expliquer simplement une foule de règles empiriques subordonnées à de nombreuses exceptions dont elle justifie l'existence, et combien elle explique aisément certains faits à apparence paradoxale. A de plus compétents nous laisserons le soin de discuter cette théorie; mais elle nous a paru bien digne d'attirer l'attention, et nous n'avons prétendu que la résumer en ouvrant quelques échappées sur l'horizon qu'elle découvre.

G. Lechalas.

XV

Grundzüge einer vergleichenden Grammatik der Bantusprachen, von Carl Meinhof. Un vol. in-8° de XIII-160 pages. — Berlin, Dietrich Reimer, 1906.

La linguistique africaine a fait des progrès considérables en ces dernières années. Dans sa magistrale grammaire comparée des langues bantoues, le R. P. Torrend a tracé dans leurs grandes lignes les éléments communs entre les différents dialectes bantous et esquissé une classification de ces langues (1). En faisant connaître au public savant les travaux du R. P. Torrend, le R. P. Van den Gheyn (2) pronostiqua que ces travaux donneraient une impulsion nouvelle aux études de philologie africaine. Cette prévision s'est réalisée. Deux voies s'indiquaient aux successeurs du R. P. Torrend : la première conduisait à la découverte et à l'étude de dialectes nouveaux qui viendraient étendre le domaine des connaissances; la deuxième se tournait vers des recherches plus approfondies de phonétique: elle augmenterait la valeur documentaire des grammaires particulières et contribuerait à asseoir la grammaire comparée sur des bases plus solides.

Les Bantouistes se sont engagés hardiment dans l'une et l'autre de ces voies. En 1899, M. Meinhof fit paraître ses fondements d'une phonétique bantoue, qui reçurent le meilleur accueil dans le monde des linguistes (3). A une époque plus rapprochée de nous, en 1905, le R. P. Sacleux écrivit un essai de phonétique bantoue (4). Malheureusement nous n'avons pas pu prendre connaissance de cette dernière étude et nous ne pourrions pas dire jusqu'à quel point les idées du R. P. Sacleux s'écartent ou se rapprochent de celles de M. Meinhof.

La phonétique de ce dernier a produit en Allemagne des fruits abondants et précieux. Contentons-nous de citer les études sur le Konde par Schumann, la grammaire du Kinga par Wolff, les

(1) Torrend. *A Comparative Grammar of the South-African Bantu-languages*. London, Trübner et C°, 1891.

(2) Van den Gheyn. *La Langue congolaise et les idiomes bantous*, dans Précis Historiques, 3e série, I (1892), pp. 49-62 et 97-110.

(3) Meinhof. *Grundriss einer Lautlehre der Bantusprachen*. Leipzig, 1899.

(4) Sacleux. *Essai de phonétique avec son application à l'étude des idiomes africains*. Paris, Welter, 1905.

recherches sur le Pangwa par Klamroth, les études sur la langue Kisiha par Fokken, le manuel du Kamba par Brutzer, les verbes du Tsivenda par Schwellnus, la grammaire du Duala par Schuler, les recherches sur le Kinyamwezi par Dahl, les études sur le Shambala par Roehl, etc.

La grammaire comparée que nous présentons aujourd'hui au lecteur est le complément naturel de la phonétique de 1899. L'éminent professeur au Séminaire des langues orientales de Berlin y utilise les documents qui ont été recueillis d'après sa méthode. Il n'exclut pas cependant les travaux linguistiques qui se sont inspirés des idées du R. P. Torrend. A cette dernière école se rattachent, entre autres, les études du R. P. Van der Burcht, dont la grammaire Kirundi constitue en même temps une riche mine pour l'ethnographie de l'Urundi (1).

Les *Grundzüge* de la grammaire comparée des langues bantoues se divisent en six chapitres. Le premier traite des noms; le deuxième, du pronom; le troisième, des noms de nombre; le quatrième, du verbe; le cinquième, des particules; le sixième, de la syntaxe. Des études sur les racines pronominales, sur l'origine des pronoms personnels et possessifs sont données en appendices. Le livre se termine par un index très détaillé, qui ne comporte pas moins de quarante-six pages.

Nous ne pouvons pas donner ici une analyse, même succincte, de ces chapitres où les faits abondent. Bornons-nous plutôt à quelques considérations générales.

Une des principales caractéristiques des langues bantoues se trouve dans le système des préfixes formatifs de substantifs. Ces préfixes ont fourni aux grammairiens la division des noms en un certain nombre de classes. On comprend aisément que l'attention des linguistes se soit portée surtout sur les préfixes, et il était permis de croire qu'à ce sujet nos renseignements étaient complets. Les études de M. Meinhof ont démontré le contraire. A la liste déjà longue des substantifs il faudra dorénavant ajouter deux classes nouvelles. L'étude du Venda a fait découvrir un préfixe augmentatif auquel fait pendant un préfixe diminutif. Existe-t-il encore d'autres préfixes? Ce seront des enquêtes sur les langues que nous ne connaissions jusqu'ici que de nom qui devront nous le dire. De plus, M. Meinhof constate que les deux nouveaux préfixes sont en voie de disparition. Il en déduit, non

(1) Meinhof. *Ueber den gegenwärtigen Stand der afrikanischen Sprachforschung*, dans VERHANDLUNGEN DES DEUTSCHEN KOLONIALKONGRESSES, 1905, p. 125.

sans quelque vraisemblance, qu'à l'origine le nombre des préfixes devait être plus grand encore.

M. Meinhof porta donc le nombre des classes de substantifs à vingt et un. Que signifient ces vingt et un préfixes? D'où proviennent-ils? Ce sont des questions auxquelles jusqu'ici la philologie africaine n'a pas trouvé une réponse satisfaisante. M. Planert est d'avis que les préfixes n'ont pas de sens bien déterminé. M. Meinhof, au contraire, leur attribue une signification particulière. Voici son interprétation des première et troisième classes : Le préfixe *umu* de la première classe désigne l'homme comme personne agissante; le préfixe *umu* de la troisième classe désigne l'être vivant non personnel. Dans cette classe rentrent l'homme non considéré comme individu agissant, les esprits, les maladies, les forces naturelles comme la fumée, le feu, les fleuves, etc., certaines parties du corps, certaines abstractions, certains animaux, certaines plantes, etc. A la base de ces interprétations nous trouvons la comparaison des noms rentrant dans une même classe. Ce qu'il convient surtout de se demander ici, c'est le motif pour lequel les animaux, les plantes, les maladies, etc., forment un seul et même groupe. Quel lien l'indigène voit-il entre ces choses? Y voit-il des êtres vivants, mais sans personnalité, et le préfixe *umu* exprime-t-il cette idée? Pour un Européen instruit, rien de plus naturel que de diviser tout ce qui existe en êtres animés et inanimés, et de subdiviser les êtres animés en êtres animés personnels et impersonnels. Mais tel n'est pas, croyons-nous, le système de classification des Africains. Pour retrouver la trace du sens originel des préfixes nominaux, il faut commencer par s'initier à la philosophie naturelle des indigènes. Des études comme celle de M. Dennett sur la mentalité des Bavili constituent des contributions importantes à la linguistique comparée (1).

L'élaboration d'une grammaire comparée de la langue bantoue peut paraître prématurée; et M. Meinhof lui-même reconnaît que ces études de synthèse et de coordination ne sont que des essais. Des faits nouveaux surviendront qui démoliront tel point, qui confirmeront tel autre. Faut-il en conclure que l'étude de M. Meinhof ne vient pas à son heure? Non; le développement de la science exige des travaux semblables à certains moments. Ajoutons qu'une grammaire comparée de la langue bantoue n'a

(1) Dennett : *At the back of the black man's mind*, London, Macmillan, 1906. Cf. A. Van Gennep : *Un système nègre de classification, sa portée linguistique*, dans La Revue des Idées, 1907, pp. 59-68.

pas qu'un intérêt théorique; elle facilite singulièrement l'étude des langues particulières et, de cette façon, on peut dire qu'elle rend à la colonisation un service signalé. En Allemagne, on a conscience de cette vérité. Aussi l'enseignement de la grammaire comparée bantoue n'est-il pas limité au Séminaire des langues orientales, il a pénétré dans l'Université même de Berlin.

En rédigeant sa grammaire comparée, M. Meinhof s'est placé à un point de vue national. Ses vues sur la phonétique des langues bantoues ont été partagées par ses compatriotes. C'est surtout des renseignements recueillis par ceux-ci qu'il s'est servi pour construire une grammaire comparée, qui est destinée à faciliter aux Allemands l'étude des langues indigènes de leurs colonies africaines.

Les dialectes parlés au Congo belge se rattachent, eux aussi, à la langue bantoue. Il n'en est presque pas tenu compte dans la grammaire comparée de M. Meinhof. Les langues bantoues qu'il a utilisées sont au nombre d'une soixantaine. Dans cette liste les langues congolaises ne sont représentées que par le *kikongo*, le *kikusu* et le *nywema*, dialectes dont parlait déjà le R. P. Torrend. Est-ce à dire que la linguistique congolaise n'ait pas fait de progrès dans les quinze dernières années ? Bien loin de là. Nous pourrions citer telles langues dont on connaissait à peine le nom il y a quinze ans et pour lesquelles nous possédons aujourd'hui soit une grammaire, soit un vocabulaire, soit même des textes imprimés. Ce sont autant d'instruments de travail nouveaux que la linguistique aurait tort de dédaigner. Nous admettons que leur exactitude et leur précision sont souvent sujettes à caution; mais ce que nous regrettons surtout, c'est que ces documents se trouvent éparpillés dans les revues les plus diverses. Les chercheurs les plus adroits ne parviennent pas toujours à les découvrir. Ne prenons qu'un exemple. Le R. P. A. De Clercq, directeur du Séminaire de Scheut, est l'auteur de travaux linguistiques remarquables sur la région du Haut-Kasaï. M. Meinhof ne cite aucune de ces études, et le R. P. W. Schmidt en fait justement la remarque dans le dernier numéro d'Anthropos. Encore le R. P. De Clercq a-t-il publié des articles dans des revues allemandes. Mais que de missionnaires, que de fonctionnaires coloniaux qui n'ont publié que dans des revues belges! Il est bien rare que leurs travaux attirent l'attention des linguistes étrangers et profitent à la science autant qu'ils pourraient le faire.

La publication d'un manuel raisonné des langues congolaises s'impose. Ce manuel éviterait bien des tâtonnements, bien des

recherches souvent stériles aux missionnaires et aux fonctionnaires coloniaux qui désirent se rendre utiles à la science; il stimulerait aussi leur zèle en faisant connaître leurs travaux à l'étranger.

La grammaire comparée de M. Meinhof fait sentir vivement la nécessité d'une semblable publication et fournira à celui qui s'en chargera des indications multiples et précieuses.

Ed. De Jonghe.

XVI

Ferdinand Brunetière. L'Homme, le Critique, l'Orateur, le Catholique, par l'abbé Th. Delmont, professeur aux Facultés catholiques de Lyon. Un vol. in-12 de 202 pages, avec portrait. — Paris, P. Lethielleux.

C'est la vie laborieuse de ce travailleur acharné, que fut Brunetière; le portrait de l'homme loyal et bon sous des apparences un peu rudes, que trace d'abord l'abbé Delmont. Puis il parcourt avec indépendance et impartialité toute l'œuvre du critique éminent de la Revue des Deux-Mondes, du professeur et de l'historien littéraire. L'orateur est glorifié à juste titre depuis ses conférences à l'Odéon jusqu'à ses *Discours de combat* et à ses conférences fameuses sur l'Encyclopédie. Le Catholique venu de bien loin à la foi, est représenté au vif dans sa marche ascendante vers la lumière intégrale dont il disait si bien : « Je me suis laissé faire par la vérité et par Bossuet ». Enfin on nous montre le néophyte converti en apôtre, aussi éloquent qu'intrépide.

Une table alphabétique, en 24 colonnes, des noms propres, des titres des ouvrages et des articles cités, termine très utilement cet intéressant volume.

X.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

SYLVICULTURE

Depuis le mois de janvier 1905, où a paru notre dernier bulletin de Sylviculture, il s'est produit, en cette matière, bien des faits. Nous ne saurions les exposer tous. Nous nous bornerons à relater les plus intéressants.

Les incendies de forêts en 1906. — L'année 1906 a été, malheureusement, féconde en incendies, dus pour une bonne part sans doute à l'extrême et longue sécheresse de l'été de cette année, mais aussi, croyons-nous, à d'autres causes. Ces incendies ont été particulièrement nombreux dans les mois d'août et de septembre. Du nord au midi, partout où il y a des forêts, le feu a exercé ses ravages dans une proportion inouïe.

C'est surtout, comme il fallait s'y attendre, en Provence, dans la région des Maures et de l'Esterel, et plus encore en Gascogne, dans ces vastes landes qui s'étendent sur les trois départements de la Gironde, des Landes et de Tarn-et-Garonne, que le fléau a sévi avec le plus d'intensité (1). Là, en effet, les arbres résineux sont les essences dominantes dans les peuplements forestiers ; en Provence, les essences de sous-étage, presque entièrement desséchées à l'époque des grosses chaleurs, fournissent à l'incendie un aliment de toute puissance. En Gascogne, les rémanents et déchets du résinage en plus des feuilles mortes de pin et des broussailles tapissant ou recouvrant le sol, ne lui sont pas un moins efficace auxiliaire.

Dans le seul département de la Gironde, le feu n'a pas parcouru moins de 50 000 hectares.

En évaluant la perte, par hectare, à 300 francs, chiffre maximum il est vrai, on arrive à un total de 15 millions de francs.

(1) Revue des Eaux et Forêts, septembre 1906, p. 602.

Beaucoup de petits propriétaires sont, du fait, à peu près ruinés. Des centaines d'ouvriers perdent leur part de la résine qui restait à récolter, et trouveront difficilement du travail pendant les années qui vont suivre.

En outre des causes ordinaires d'incendie, comme imprudence des fumeurs, des chasseurs, des ouvriers allumant du feu en forêts, des bergers incinérant les landes en vue d'obtenir de l'herbe plus abondante, — il faut, d'après des personnes du pays bien posées pour savoir ce qu'il en est, faire une large part à la malveillance : plusieurs propriétaires ont reçu des lettres de menaces en ce sens.

Mais, ce qui est remarquable, c'est que, parmi les 50 000 hectares de bois incendiés, pas une seule forêt domaniale n'a été atteinte. La surveillance y est beaucoup plus suivie, plus sérieuse et surtout plus efficace que dans les bois particuliers, et l'administration peut prendre des mesures de précaution que le morcellement des propriétés privées rend difficiles sinon impossibles, en raison de l'entente préalable qu'il serait nécessaire d'établir entre les divers propriétaires.

Quelques syndicats de possesseurs de pignadas se sont bien constitués, mais sans grands résultats : l'inertie, ou le mauvais vouloir, ou le manque de ressources de certains propriétaires rend souvent leur action inutile. On ne peut *contraindre* chacun à débroussailler une zone de protection sur la limite de deux fonds contigus ; l'opération, se faisant isolément, sans ensemble, au gré de chacun, demeure sans efficacité. Enfin la pratique du contrefeu, si nécessaire soit-elle, fait encourir à qui y recourt les plus graves responsabilités. Les syndicats sont donc réduits à l'impuissance.

Il faudrait, dit la Revue des Eaux et Forêts plus haut citée, qu'il fût pris à l'égard des forêts des landes et dunes de Gascogne, des mesures analogues à celles que prévoit, pour les Maures et l'Esterel, la loi du 19 août 1893. Des propositions ont bien été faites en ce sens, et depuis plusieurs années, mais sans résultat jusqu'ici. Du reste, les départements intéressés ne paraissaient pas très désireux d'être secourus de cette manière ; on aurait dit qu'ils préféraient être brûlés plutôt que protégés par l'Administration. Les désastres de 1906, cependant, semblent avoir modifié leurs dispositions ; le Conseil général de la Gironde, en sa session d'octobre 1906, a émis un vœu par lequel il réclame le concours législatif pour parer au danger dont l'incendie menace incessamment ses vastes peuplements de pin.

Le noyer, arbre forestier (1). — Le noyer commun (*Juglans regia*, Lin.) avait toujours passé pour un arbre anti-forestier, c'est-à-dire ne supportant pas la croissance en massif et ne pouvant prospérer qu'à l'état isolé. Telle était notamment l'opinion professée à l'École de Nancy et exprimée dans toutes les éditions successives, voire posthumes, de la célèbre *Flore forestière*, de A. Mathieu, le premier des professeurs de sciences naturelles dans ladite école.

Il paraît cependant qu'il faudrait en rabattre. Un sylviculteur allemand, le Dr Frankhauser, aurait entrepris avec succès la culture forestière du noyer, c'est-à-dire son élevage en massif à la façon du chêne ou de n'importe quelle autre essence sylvicole. Il y a mieux ; l'on a pu constater, dans des bois soumis au régime forestier, au milieu des diverses autres essences, des noyers de tous âges fournissant des arbres de réserve de plusieurs catégories, y fructifiant même assez abondamment. Ainsi dans les forêts communales de Devecey (Doubs) et de Saint-Laurent-du-Pont (Isère), cette dernière, peuplée principalement de hêtres et de résineux ; ainsi encore dans la forêt domaniale de la Grande-Chartreuse, au canton d'Orcière, perchis de hêtres où les tiges de noyer, dit M. Guinier, avaient absolument l'apparence de celles du hêtre et n'auraient pas été distinguées à première vue.

Il n'en est pas moins vrai que la rencontre du noyer venu spontanément dans les forêts est, somme toute, chose assez rare, malgré sa rusticité et son peu d'exigence sur la nature et la qualité du sol. Faut-il en voir la cause, avec le Dr Frankhauser, dans la lourdeur du fruit qui rend difficile sa dissémination au loin ? Ce n'est pas là une cause suffisante, car beaucoup d'oiseaux, corbeaux, geais, pies, etc., ne se font pas faute de cueillir des noix sur l'arbre et de les transporter au loin. Mais, en général, le jeune plant provenant, en forêt, d'une noix tombée sur le sol, est promptement étouffé par les rejets des taillis environnants. Ce n'est que par une active et réitérée intervention de l'homme que des semis naturels de noyer en forêt peuvent venir à bien. M. Fliche, qui fut le successeur, à l'École de Nancy, de A. Mathieu, a pu constater le fait.

Si l'on ajoute à cela l'avidité avec laquelle le noyer est partout recherché pour les éminentes qualités de son bois, on ne s'étonnera pas que, dès qu'il en paraît quelque plant, il soit vite reluqué et dérobé par les riverains, soit pour le transplanter

(1) *Le Noyer*, par E. Guinier, conservateur des forêts en retraite, dans la Revue des Eaux et Forêts, t. XLIV.

s'il est assez jeune encore, soit pour en faire des manches d'outils ou autres menus objets si le bois est parvenu à un développement suffisant.

La conclusion à tirer de ce qui précède est que les propriétaires de forêts, État, communes, sociétés ou particuliers, ont le plus grand intérêt à introduire, même au prix de soins longs et spéciaux, le noyer parmi leurs peuplements. La valeur du bois de cet arbre va sans cesse croissant, en raison même de sa lente mais graduelle disparition sur les champs et le bord des chemins.

Les chênes-lièges (1). — Il y a sinon deux espèces, du moins deux variétés ou plus exactement deux races bien distinctes de chêne à écorce subéreuse fournissant le liège.

Le chêne-liège proprement dit (*Quercus suber*. Lin.), *suro*, *siouve*, *surier*, *suv* ou *suvi* en Provence, hôte de la Provence, de l'Algérie, du Maroc, de la Péninsule ibérique, de l'Italie, de la Dalmatie et de la Tunisie, garde ses feuilles deux et trois années consécutives et donne des glands annuellement. C'est un arbre pouvant atteindre 10 à 12 et rarement jusqu'à 20 mètres de hauteur et 4 à 5 mètres de circonférence; trapu, d'une grande longévité, le chêne-liège est surtout remarquable par son écorce épaisse, spongieuse, crevassée, dont la couche extérieure, impropre par le fait même à tout usage industriel, recouvre une couche homogène qui se développe constamment et fournit le liège après enlèvement de la couche extérieure.

L'autre forme du chêne-liège, le chêne occidental (*Quercus occidentalis*, Gay, ou *Suber occidentalis*, Coutinho), appelé familièrement *corcier* ou *corsier*, diffère sur plusieurs points de la forme précédente. Ses feuilles, au lieu de persister pendant deux ou trois ans, tombent dès que le printemps a amené la sortie des nouvelles feuilles, et sa fructification est biennale. Le chêne occidental habite seul ou en mélange avec le chêne-liège ou le pin maritime, dans tout le sud-ouest de la France, en Portugal, et remonte, le long du littoral océanique, jusqu'en Morbihan. Introduit, avec le *Quercus suber* de Provence, en Belle-Isle en mer, il y a réussi, tandis que l'autre, bien moins rustique et plus sensible au froid, y a promptement péri. On cite, comme forêts mélangées de chêne corcier, de *Quercus suber* et de pin maritime, celles d'Arcachon, d'une étendue de 3000 hectares, et de la Teste, de 3980 hectares.

(1) Cosmos du 6 octobre 1906.

Il y avait naguère, dans le parc de Trianon, à Versailles, un *Quercus occidentalis* en pleine terre qui mesurait, vers 1850 ou 1860, 14^{m},5 de hauteur et 1^{m},45 de circonférence. Mais il n'a pas résisté à l'hiver exceptionnellement rigoureux de 1879-1880 (1).

Le bois de l'une et l'autre variété du chêne-liège est peu propre aux grandes constructions : il arrive rarement et par exception aux belles dimensions qu'il acquiert quelquefois; il est extrêmement lourd, se gerce largement et profondément aux moindres alternatives de sécheresse et d'humidité, et parfois même tombe en pourriture; il se fend difficilement et sans régularité. On l'emploie toutefois en menuiserie. Le liber de nos chênes, qui est épais, est extraordinairement riche en tanin : la teneur en cette matière des écorces de chêne rouvre ou pédonculé étant 1, celle du liber de chêne-liège serait 1,62. Mais comme ce liber est en même temps la partie de l'écorce qui en engendre la partie subéreuse, ce qu'on appelle la *mère* du liège, on a infiniment plus d'intérêt à la ménager qu'à l'extraire pour sa richesse en tanin.

Nous n'avons pas à décrire ici l'opération du *démusclage* ou enlèvement de la partie extérieure de l'écorce antérieure appelée *liège mâle* et de la levée du *liège femelle* qui, moyennant le respect absolu du liber, reproduira la couche de liège enlevée. Mais une considération se présente naturellement à l'esprit à l'occasion du *Quercus suber occidentalis* qui, plus robuste, moins sensible au froid que son congénère méridional, a pu prospérer jusqu'à Versailles. Il est vrai qu'il a succombé aux froids exceptionnels de 1879-1880; mais c'était un exemplaire isolé. Dans un massif, il arrive souvent que, par des froids extrêmes, quelques sujets sont gelés sans que d'autres soient atteints. Il serait intéressant de tenter quelque essai d'introduction du chêne cercier dans les climats qui, sans être méridionaux, sont cependant assez tempérés pour que les froids excessifs y soient rares.

Le gemmage des pins en Sologne. — L'industrie de la résine extraite des conifères, principalement des pins, et des produits qui en dérivent, est spéciale, en France, aux départements du Sud-Ouest, où abonde le Pin maritime, le plus riche en résine de tous nos conifères indigènes. Aussi, le *gemmage* ou résinage de ces arbres occupe-t-il la très majeure partie des populations rurales de ces contrées.

(1) Cf. Mathieu, *Flore forestière*, édition Fliche, 1897.

Les États-Unis d'Amérique, qui possèdent une grande variété de pins riches en résine, font, aux résiniers de l'Europe occidentale, une concurrence sérieuse. Aussi, lorsque la guerre de Sécession arrêta pour un temps toute extraction et tout commerce de produits résineux, une hausse considérable et en sens inverse de la production se manifesta sur ces produits; on se mit à gemmer un peu partout dans les pays à pins. La Corse, de 1860 à 1865, tira de 45 000 pins laricios, 220 000 kilogrammes de résine. La Sologne put alors en extraire de ses pins maritimes et même, dit-on, de ses pins sylvestres.

Mais dès que fut close la guerre américaine, le Yankee se remit à jeter sur le marché ses produits résineux en abondance, les prix baissèrent en conséquence; et la surproduction qui, pendant cinq ou six ans, avait fait florès en France, dut se restreindre considérablement; le Sud-Ouest seul put soutenir la concurrence. Mais, depuis lors, les prix se sont relevés par suite de nouvelles applications industrielles de la térébenthine et de ses dérivés obtenus par distillation, tels que les résines, brais, huiles lourdes; toutes ces substances sont de plus en plus exigées par les industries mécaniques.

Un propriétaire de Sologne, le baron de Larnage, a exposé à la Société des Agriculteurs de France, section de Sylviculture (1), comment tend à renaître en ce pays la pratique du gemmage ou résinage des pins maritimes et même sylvestres. Le syndicat des alcools industriels du Nord s'est préoccupé, dit M. de Larnage, « d'assurer la carburation de ses alcools et a aussitôt songé à demander à la Sologne, par son intermédiaire, d'entrer résolument dans la voie du gemmage ».

On sait qu'il y a deux modes de gemmage. Quand l'opération se fait sur des arbres destinés à disparaître sous peu d'années, on extrait la résine par des *quarres* ou entailles pratiquées tout autour de chaque arbre; c'est le gemmage *à mort*. Quand elle a lieu sur des arbres destinés à suivre le cours de leur existence normale, on les gemme *à vie*, c'est-à-dire qu'on ne les entaille que d'un seul côté à la fois; l'entaille ou quarre est agrandie en hauteur chaque année, et l'on ne commence une nouvelle entaille à la suite de la première que quand celle-ci s'est étendue sur toute la longueur du tronc.

Le gemmage à vie, d'après les autorités compétentes, nommément Brongniart, ralentit, mais sans l'arrêter, la végétation du

(1) Commission permanente; cf. le BULLETIN de la Société, du 15 décembre 1905.

pin. Conduit avec modération, il n'altère même pas sensiblement sa longévité, et s'il a pour effet de diminuer son développement en diamètre, d'autre part le bois gemmé acquiert des qualités de résistance, de dureté, de conservation, de poids, de développement de chaleur bien supérieures à celles du pin non gemmé. D'où l'on voit que l'introduction de résinages dans les pineraies solonaises doit pouvoir en doubler le revenu. Reste à savoir — ce que fera connaître l'expérience des années subséquentes — si les résines, térébenthines, goudron, brais, etc., obtenus par les pins sylvestres et maritimes de cette région, seront de qualité suffisante pour soutenir la concurrence avec les autres pays producteurs.

D'ores et déjà, M. le baron de Larnage et ses voisins de campagne trouvent un assez grand avantage au gemmage pour s'être résolus à en étendre la pratique chaque année. A la séance suivante de la Commission permanente, 24 novembre 1905 (1), M. le marquis de Tristan ajoute que le gemmage des pins solonais est en plein travail d'organisation dans sa contrée, et qu'il est prêt à suivre l'exemple de M. de Larnage. Plusieurs usines sont projetées dans la région, avec une usine centrale à La Motte-Beudron pour le raffinage. Une Compagnie s'est formée qui loue les arbres à gemmer en se chargeant de fournir les gemmiers ou résiniers.

Il sera intéressant de savoir quels auront été, dans quelques années, les résultats de ces heureuses initiatives.

Conservation de l'aubier des bois de service et d'industrie. — Il résulte des recherches d'un agronome forestier de haute valeur, M. Émile Mer, que l'attaque des bois par les insectes, principalement de l'aubier des arbres abattus, est motivée par la présence de l'amidon dans les tissus ligneux, car c'est de l'amidon, M. Mer l'a constaté, que se nourrissent exclusivement les insectes lignicoles. Supprimer l'amidon de l'aubier des arbres en exploitation, ce serait rendre cette partie d'une pièce de bois d'aussi bonne conservation que le cœur lui-même, d'où disparaîtrait la nécessité onéreuse de la sacrifier.

M. Mer avait eu occasion de remarquer que des arbres qui avaient été écorcés sur pied trois ou quatre mois avant l'abatage, se trouvaient complètement dépourvus de toute trace d'amidon, au moins sur toute la partie décortiquée. Poursuivant

(1) Cf. le BULLETIN du 1er janvier 1906.

l'expérience, il s'était rendu compte qu'en écorçant seulement, en haut et tout autour du tronc, un anneau de quelques centimètres de largeur, et prenant soin de ne laisser aucun rejet se développer au-dessous de la partie annelée, cela suffit pour que l'amidon se résorbe peu à peu dans toute la région située au-dessous de l'anneau; et l'aubier ainsi débarrassé est désormais indemne de toute piqûre de larve, chenille ou autre insecte.

M. Mer explique ainsi la chose. On sait que l'amidon dans les arbres à aubier est élaboré par les feuilles sous l'influence de la lumière, et se rend par le liber des rameaux aux branches, à la tige et aux racines. L'annélation pratiquée au haut de celle-ci, sous la cime, arrête la marche de l'amidon, qui ainsi ne peut plus descendre au-dessous de l'anneau décortiqué. Il s'accumule alors dans la cime et ses branches, tandis que le tronc épuise peu à peu la provision amylacée qui ne peut plus se renouveler. Suivant l'essence, les dimensions, la saison, cette résorption s'opère plus ou moins vite, en tout cas beaucoup plus rapidement en été qu'en hiver.

Ce serait le cas, pense M. Mer, d'adopter une mesure consistant, plusieurs mois avant l'abatage des arbres destinés à l'exploitation, à les écorcer sur pied ou seulement à pratiquer une annélation au sommet du tronc, à la base de la cime; toutefois, dans ce dernier cas, il serait nécessaire de veiller à arrêter toute production de rejets, pousses ou branches gourmandes sur la tige ainsi traitée (JOURNAL D'AGRICULTURE).

Alternance ou mélange des essences? — Y a-t-il ou n'y a-t-il pas alternance entre les végétaux arborescents comme entre les plantes herbacées, notamment les céréales? Cette question a été bien souvent discutée et a même donné lieu à des polémiques assez vives.

Peut-être se fût-on mis d'accord sans trop de difficulté si l'on eût précisé davantage les termes de la question.

Il faut d'abord distinguer entre les arbres croissant isolément comme des fruitiers dans un verger, des noyers ou des châtaigniers épars à travers champs, et les arbres croissant en massif comme dans les forêts. Parmi ces dernières, il y aurait aussi une distinction à établir entre les peuplements spontanés ou naturels, c'est-à-dire tels que les constitue la nature, et les peuplements amenés à l'état pur, c'est-à-dire composés d'une seule essence par les soins industrieux de l'homme.

S'il s'agit d'arbres isolés, un bon jardinier ne s'avisera jamais

de remplacer un pommier ou un poirier, abattu pour cause de vétusté, par un autre pommier ou poirier, ou par un cognassier, ni un pêcher ou un abricotier par un prunier ou un amandier. Mais là où a vécu un arbre portant des fruits à pépins (Pomacées), il plantera un arbre à fruits pourvus d'un noyau (Amygdalées). La raison en est facile à saisir ; la famille des Amygdalées et celle des Pomacées ne s'alimentent pas des mêmes principes nutritifs; quand un arbre de l'une des deux espèces a longtemps occupé isolément telle place, il y a épuisé les principes nécessaires à son groupe et laissé intacts ceux que réclament les arbres du groupe voisin; d'où la pratique du remplacement par espèces de famille différente.

Dans un massif forestier naturel, c'est-à-dire mélangé de diverses essences, il n'en est plus de même. Rapprochés les uns des autres, les arbres et les cépées entrecroisent leurs racines, celles-ci puisent chacune dans le sol ce qui convient au sujet dont elles dépendent. D'autre part, les feuilles et autres débris végétaux qui, à chaque automne, tombent sur le sol et lui font peu à peu une converture plus ou moins épaisse, se transforment, graduellement aussi, en un riche humus qui rend au sol ce que la sève lui avait pris. Avantage considérable dont ne jouissent pas les arbres isolés. Dans ces conditions, un peuplement forestier peut se maintenir indéfiniment : l'alternance — si alternance il y a — y est, peut-on dire, simultanée.

Un forestier de la Savoie, M. Schaeffer, a fait sur ce sujet de très curieuses observations en parcourant les Alpes savoisiennes depuis les bords du lac de Genève jusqu'aux limites de la végétation forestière (1). Il y a observé notamment de très nombreuses substitutions d'essences : ici des aulnaies bordant des cours d'eau, des taillis de chêne, voire des châtaigneraies envahies par l'épicéa; ailleurs, au contraire, le chêne et autres feuillus font invasion dans une *pessière* (forêt d'épicéa) de plaine ou de plateau. Ou bien ce sont les résineux qui s'implantent dans des perchis de hêtres, ou encore le sapin (*Abies pectinata* D. C.) qui s'installe dans la pessière ou parmi les mélèzes.

On pourrait multiplier des exemples de ce genre.

Est-ce là de véritable alternance, au moins dans le sens qu'en agriculture on donne à ce terme? Tel n'est pas l'avis de M. Schaeffer qui voit l'explication du phénomène dans « la ten-

(1) *De l'Alternance des essences*, dans REVUE DES EAUX ET FORÊTS de novembre 1906, t. XLIV.

dance de la nature à reconstituer sur chaque point la forêt spontanée propre à la station ». Il invoque à ce propos la considération présentée ci-dessus concernant le mélange des essences, un peuplement naturel n'étant jamais composé d'une essence unique, car toute futaie pure n'est parvenue à cet état que par l'intervention de l'homme, et c'est cette intervention constante qui seule la maintient en cet état.

Chaque *station*, sorte de subdivision de climat, correspondrait, suivant les observations de M. Flahault, l'éminent botaniste de Montpellier, à une association végétale particulière, comprenant des plantes herbacées associées en général à deux ou trois essences forestières, représentant les éléments de la forêt naturelle. C'est ainsi que, suivant les stations, l'épicéa s'associe non seulement au hêtre et au sapin, mais aussi au chêne, au bouleau en terrain siliceux, sur les versants secs au pin sylvestre, enfin, aux hautes altitudes, au pin de montagne, au mélèze et au cembro. Des massifs, pleins de ces quatre essences en mélange ont été observés par M. Schaeffer, au-dessus de 2000 mètres.

Le même observateur de cette région savoisienne qui s'étend de la zone tempérée à celle des neiges perpétuelles, arrêtait ses « yeux émerveillés » sur une magnifique futaie mélangée de mélèzes et de trembles d'origine, affirme-t-il, absolument spontanée.

Il conclut que la forêt naturelle doit comprendre pour le moins deux essences et que l'alternance ne serait autre que la loi du mélange, autrement dit ce que nous appelions, en commençant, l'alternance simultanée.

Conservation des futaies d'épicéa. — L'épicéa, *Picea excelsa*, Link, présente, pour son traitement en massif pur, plus de difficulté que toute autre essence en raison de son enracinement purement horizontal que ne contient aucun pivot ou racine profondément enfoncée en terre. L'arbre n'offre par suite qu'une faible résistance à l'action des vents. Sans doute l'état de massif, tant qu'il subsiste, lui est favorable, les sujets dont il se compose se prêtant un appui mutuel. Mais vienne le moment des coupes principales : votre première coupe de régénération aura beau être *sombre*, c'est-à-dire ne porter que sur un petit nombre d'arbres, l'ensemble, déjà éclairci par les dernières coupes d'amélioration, ne présentera plus, aux rafales du vent, une résistance suffisante. Et supposé qu'il n'en ait pas trop souffert, quand aura été pratiquée la coupe *claire*, il est à craindre que le

vent ne se charge à lui seul d'opérer la coupe définitive et sans attendre les délais prévus par le cahier d'aménagement : il fera *coupe blanche*, c'est-à-dire qu'il renversera tout sans même attendre peut-être la traite des bois abattus par la coupe claire.

Le fait a été plus d'une fois observé en montagne.

Le Bulletin de la Société centrale forestière de Belgique (1) propose, pour la conservation des pessières de la haute Ardenne, d'y introduire, par voie de plantation en bouquets, le sapin et le hêtre. C'est là une salutaire application du principe du mélange des essences, à laquelle on ne saurait trop applaudir.

Mais en attendant que les plants, sapin et hêtre, de trois ou quatre ans, que l'on aura disposés en bouquets dans les trouées du massif, soient devenus des arbres, et des arbres assez forts pour servir de soutien aux vieux épicéas, bien des années se passeront, durant lesquelles le vent aura eu le temps de faire des siennes.

Sans repousser le mélange, tout en le préconisant au contraire, ne serait-ce pas le cas, ici, de recourir, en attendant, à la vieille méthode dite *jardinatoire :* chercher le nombre de mètres cubes répondant à la possibilité adoptée à travers toute l'étendue d'un massif donné, en choisissant les arbres les plus avancés, les plus proches de leur période de dépérissement ou seulement stationnaire? Disséminées sur une grande étendue, les trouées laissées par les arbres abattus seront peu sensibles. L'année suivante on opérerait de même sur le massif voisin, et ainsi de suite, pour ne revenir au premier massif qu'au bout de plusieurs années, quand les trouées d'abatage auront été comblées en tout ou en partie par l'accroissement des branches des arbres environnants, ou, mieux encore, par le développement des hêtres et sapins introduits en mélange.

Sans doute il résultera, à la longue, de ce mode de jardinage, un peuplement irrégulier où tous les âges se trouveront représentés à la fois sur tous les points : mais c'est là précisément que sera, pour nos épicéas, la garantie contre la violence des vents, chaque vétéran se trouvant protégé, soutenu par les générations plus jeunes dont il sera entouré.

Ce que peut rapporter une pessière. — Le Bulletin de la Société centrale forestière de Belgique (2) cite une plantation d'épicéa faite il y a une soixantaine d'années sur une

(1) Décembre 1906, *Chronique*.
(2) Février 1906.

parcelle de deux hectares, laquelle est située dans la partie orientale du Luxembourg belge, près de la ville de Bastogne; elle a rapporté à son propriétaire, dans le cours et au bout de ce laps de temps, la somme rondelette de 27 000 francs.

Cette pessière avait été plantée par un agronome d'Isle-le-Pré, non loin de Bastogne, M. Durieux, et avait passé, après sa mort, à ses héritiers naturels habitant Valenciennes.

Vers l'âge de cinquante ans, ce massif d'épicéa avait été l'objet d'une forte éclaircie qui avait produit la somme nette de 5000 francs; et dernièrement la famille Delgrange, héritière de M. Durieux, a vendu la totalité au prix de 22 000 francs. On ne dit pas si c'est en superficie seulement ou bien en sol et superficie; mais ce détail est de peu d'importance au point de vue qui nous occupe, la valeur du sol nu étant ici relativement insignifiante.

La spéculation à long terme qu'a été la création de ce bouquet d'épicéas n'en fait pas moins ressortir le résultat à un produit de 225 francs par hectare et par an. Elle a donc constitué un excellent placement de père de famille et mérite d'être particulièrement signalée aux *personnes morales*, qui ne meurent point, telles que communes, États, associations provinciales et autres, voire aux jeunes propriétaires qui peuvent compter sur un long avenir.

Forêts et Landes en Loire et Haute-Loire. — Les départements de la Loire et de la Haute-Loire forment, autour de la région orographique appelée par Élie de Beaumont « Plateau central », une zone montagneuse en partie boisée et qui, sans présenter un état de ruine aussi accentué, aussi désolant que certaines parties des Alpes provençales et dauphinoises, n'en appelle pas moins une importante restauration, soit par la réglementation et l'amélioration des pâturages, soit surtout et principalement par le reboisement.

La Société des Agriculteurs de France avait mis au concours, au point de vue de l'état forestier tel qu'il est et tel qu'il serait désirable qu'il fût, l'étude de ces deux départements, en insistant sur la propriété forestière privée sous ses différents aspects, et sur l'influence de la couverture forestière sur le régime des eaux.

Le mémoire, couronné par la Société, a été fourni par M. Vessiot, inspecteur des Eaux et Forêts à Saint-Étienne. Notre intention n'est pas d'analyser ici ce mémoire qui remplit plus de

vingt pages du texte fin et serré du BULLETIN in-octavo de la Société (1). Nous voudrions seulement attirer l'attention sur quelques points qui nous ont paru plus particulièrement intéressants.

Formée de chaînes de montagnes entre lesquelles s'ouvrent les vallées de la Loire et de ses affluents et une faible étendue de celle du Rhône, la région comprise dans ces deux départements est constituée géologiquement par des granits, des porphyres, des schistes cristallins, le tout recouvert en montagne d'une couche de terre végétale assez friable, les alluvions quaternaires remplissant principalement les vallées. Dès que la végétation disparaît sur les versants, la terre se désagrège peu à peu et la roche ne tarde pas à apparaître. Peu de sources, dans ces montagnes, par suite de l'imperméabilité du sous-sol ; aussi les eaux des fortes pluies s'écoulent-elles rapidement, provoquant des débordements et des inondations dans la plaine.

L'auteur du mémoire fait judicieusement remarquer que, dans le massif des Vosges, d'une constitution géologique en partie semblable, le régime des eaux de la Moselle et de la Meurthe est calme et régulier, sans grandes crues et sans inondations, tandis qu'il en va fort différemment du Rhône, de la Loire et de ses affluents : c'est que les montagnes vosgiennes sont boisées partout où la culture est inapplicable, tandis que, dans la Loire et la Haute-Loire, le taux de boisement, de 14 p. c. dans le premier de ces deux départements (66 000 hectares boisés sur 479 900 de superficie totale), et de 18 p. c. dans le second (90 000 hectares boisés sur 500 000) est notoirement insuffisant dans une région où domine de beaucoup la montagne. Surtout si l'on tient compte du délaissement de la plupart des forêts privées, où les abus de la jouissance et la pratique du pâturage intensif amènent fréquemment un état de ruine équivalent à un défrichement.

Il y aurait deux remèdes à cet état de choses. Le premier consisterait dans l'amélioration du régime des forêts existantes et tout d'abord dans l'obstacle à apporter à leur graduelle disparition. Il faudrait, pour cela, supprimer radicalement le pâturage en forêt, organiser une surveillance efficace et d'ensemble, ouvrir des chemins facilitant l'exploitation des bois sur les points d'un abord trop escarpé ou difficile, propager les saines notions sylvicoles parmi les populations rurales...

(1) Numéros des 1er et 15 octobre, 1er et 15 novembre 1905.

Il y a, dans la Loire, 41 000 hectares de landes; il y en a 75 000 dans la Haute-Loire. Dans un autre département montagneux où l'industrie pastorale est des plus prospères, le département du Doubs, l'étendue des landes ne dépasse pas 2 p. c. de la superficie totale (1).

Il faudrait, sur ces 116 000 hectares de landes, améliorer et mettre à l'état de pré tous ceux qui en sont susceptibles, comme on l'a fait avec succès et profit dans le Velay et sur quelques points du Forez, et boiser le reste.

Pour combattre l'érosion des gorges dénudées par la violence des pluies, il peut suffire de planter en bois les berges dégradées et les bassins de réception des eaux pluviales. Mais pour arriver à régulariser le régime des grands cours d'eau par la diminution des crues et la suppression des apports de matériaux, il est nécessaire de reboiser les versants montagneux sur de vastes étendues.

L'objection du besoin que les populations peuvent avoir, pour l'alimentation de leur bétail, des surfaces à reboiser, tombe devant le fait du résultat obtenu en Velay où l'hectare de lande qui rapportait annuellement 5 fr. 50, rapporte après sa conversion en pré 38 fr. 50; les frais de cette conversion par défoncement du sol, extraction des genêts, ajoncs, bruyères et épandage d'engrais chimiques appropriés, s'étaient élevés *en tout* à 130 francs par hectare. L'accroissement du revenu s'élevant à 33 francs, l'opération a donc constitué un placement à 25 p. c.

Il y aurait un grand nombre de considérations fort intéressantes à relever dans le mémoire auquel a été décerné le prix agronomique de la Société des Agriculteurs de France. Nous avons voulu seulement montrer que par la combinaison, dans les pays de montagne, de l'amélioration des pâturages avec les reboisements, il n'est pas impossible d'arriver à concilier des intérêts en apparence opposés.

Résultat d'un déboisement. — Un des funestes effets des déboisements inconsidérés sur les versants rapides s'est cruellement fait sentir l'automne dernier, par une catastrophe qui a détruit, en sa majeure partie, le pittoresque village d'Ouzous, dans les Hautes-Pyrénées.

Situé sur un dépôt glaciaire de la vallée de Lucet, au nord-ouest d'Argelès-en-Bigorre et au sud-ouest de Lourdes, Ouzous

(1) Cette situation est générale ou analogue dans toute la chaîne du Jura.

est — ou plutôt était — dominé par la montagne de Ségus autrefois couverte par une forêt, laquelle figure encore sur les cartes du département. Malheureusement, comme tant d'autres, cette forêt avait disparu, remplacée par de maigres pâtis qu'affouillait incessamment le museau fouisseur d'innombrables moutons.

Un violent orage, une trombe, est survenu. Les terres du versant qui domine Ouzous n'étant plus maintenues par l'enracinement puissant de la forêt d'antan, sont détachées du sous-sol, emportées avec des quartiers de rochers sous la poussée irrésistible de la trombe, et précipitées sur le village et celui-ci est promptement enseveli sous une masse de matériaux qu'on a évaluée à 400 000 mètres cubes. Neuf des habitants du village, surpris par l'avalanche, ont péri, ensevelis vivants sous les décombres.

Le Figaro, qui a relaté ce désastre, se livre à de salutaires réflexions sur la nécessité de reboiser les montagnes, privées de leur abri forestier par l'avidité des populations pastorales. Il déplore les traditions antiforestières que ces populations se transmettent, dit-il, « depuis des millions d'années » (*sic*)! En remplaçant les millions par des milliers et même par des centaines, l'écrivain du Figaro eût été beaucoup plus rapproché de la vérité. Il n'y a pas 2000 ans que les Gaules avaient plus de la moitié de leur territoire couverte par les arbres, et l'on sait que, avant les invasions des Sarrasins, aux VIIIe et IXe siècles, tout le massif des Alpes et probablement aussi la chaîne des Pyrénées, étaient couverts d'épaisses forêts. Chassées vers ces sommets boisés par la race envahissante, les populations méridionales, qui s'étaient réfugiées sous leurs ombrages, en commencèrent la dévastation. C'est donc bien depuis des *centaines* d'années seulement que les populations pastorales sont devenues ennemies de l'arbre et de la forêt; et ce n'est que trop suffisant pour expliquer la dangereuse dénudation dont souffrent nos montagnes (1).

Action des forêts sur les eaux souterraines stagnantes — En janvier 1899, nous avons indiqué, ici même, des observations fort curieuses desquelles il résulterait que, dans les pays de plaine, la nappe des eaux *phréatiques* ou souterraines

(1) Cf. le Bulletin de la Société centrale forestière de Belgique de janvier 1907, lequel reproduit l'article du Figaro, sous ce titre sensationnel : *L'Avalanche.*

stagnantes, serait à un niveau sensiblement plus bas sous les sols boisés que sous les sols découverts, soit prés, champs, jardins, etc.

C'est dans les plaines de Russie que cet effet très peu prévu a d'abord été constaté par M. Ototzky, conservateur du Musée minéralogique de Saint-Pétersbourg. M. Henry, professeur à l'École forestière de Nancy, avait exposé ces résultats très inattendus dans la REVUE DES EAUX ET FORÊTS de septembre 1898; et dans le numéro d'octobre suivant, l'éminent forestier qu'est M. le conservateur en retraite Broilliard, avait combattu une telle conclusion par des considérations fort probantes, parmi lesquelles celle-ci : que c'est depuis les grands déboisements opérés dans les steppes de la Russie que les grands fleuves de cette vaste contrée ont vu leurs eaux diminuer dans une proportion assez forte pour cesser d'être navigables en dehors de la saison des pluies (1). D'ailleurs, ce phénomène n'est pas observable seulement en Russie; en France et dans un grand nombre d'États du nord de l'Amérique, la perturbation du régime des cours d'eau consécutive aux grands déboisements de leurs bassins est un fait dûment établi.

Il n'en demeure pas moins que M. Ototzky a poursuivi ses observations et ses expériences et maintient ses conclusions dans un ouvrage publié à Saint-Pétersbourg en 1905 (2). Il ne s'est pas borné à étudier pratiquement la question en Russie; il a effectué des sondages dans les landes de Gascogne en octobre, par un temps très pluvieux, dans un périmètre déterminé s'étendant sur le territoire de quatre communes. Comme il l'avait fait en Russie, il fit creuser une suite de puits réunis par un polygone de nivellement qui s'étendait des parties boisées aux terrains découverts : partout, sous les terrains boisés (pin maritime), le niveau de la nappe d'eau souterraine s'est trouvé sensiblement plus bas que sous les sols découverts. Sur trois lignes ou chaînes de sondage, où la dépression a été respectivement de $0^m,70$, $0^m,96$ et 1 mètre, le niveau phréatique a constamment oscillé autour de $0^m,50$ sous la surface du sol cultivé, et de $1^m,50$ sous celle du sol boisé.

(1) Voir à ce sujet Élisée Reclus, *l'Europe scandinave et russe*.

(2) *Les Eaux souterraines, leur régime et leur distribution*. La seconde partie de cet ouvrage, laquelle a trait plus particulièrement au sujet qui nous occupe, est intitulée : *Les Eaux souterraines et les Forêts, principalement dans les plaines et les latitudes moyennes*. — Cf. le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ CENTRALE FORESTIÈRE DE BELGIQUE, avril 1906.

Des recherches de même nature ont été faites par M. Henry, en Lorraine, près de Luméville, dans la forêt de Mondon et la plaine avoisinante, et ont donné des résultats semblables.

Ces deux contrées, Lorraine et Gascogne, jointes aux deux points de la Russie (environs de Saint-Pétersbourg et gouvernements de Kherson et de Voronèje dans le sud), où les sondages ont été faits en premier lieu, portent à quatre les régions de plaine où la nappe phréatique s'abaisse très sensiblement sous le sol forestier.

Comme le remarque M. le professeur Henry, les faits observés sont trop peu nombreux encore pour permettre d'en conclure à une loi et surtout à une loi générale. Mais il y aurait un très sérieux intérêt à poursuivre ces expériences sur un grand nombre de points et dans plusieurs États différents.

Si, ce qui est possible et point invraisemblable, les résultats obtenus se confirmaient partout, qu'en faudrait-il conclure?

Nous serions en présence de deux ordres de faits absolument indiscutables et en apparence contradictoires : d'une part l'abaissement, dans les terrains plats, des nappes phréatiques sous les peuplements forestiers; d'autre part, le débit des fleuves et rivières sensiblement diminué et rendu plus irrégulier à la suite des grands déboisements dans les régions qu'ils traversent.

Remarquons d'abord que cet abaissement, sous la forêt, des nappes souterraines, ne concerne que les eaux absolument stagnantes et immobiles; or, ce ne sont pas ces eaux-là qui alimentent les cours d'eau. Les eaux souterraines, qui s'écoulent à travers le sol vers les rivières, ne sont pas ici en question. Par conséquent, là où des déboisements importants, même en plaine, ont amené l'affaiblissement des fleuves des bassins desquels dépendaient les forêts défrichées, c'est que les nappes d'eau qui pouvaient exister dans le sous-sol avaient leur écoulement vers ces fleuves ou leurs affluents et ne rentraient pas dans la catégorie des eaux stagnantes auxquelles seules serait applicable la loi présumée.

Une seconde considération, plus importante encore, et qui s'impose, c'est que si cette loi présumée se vérifiait partout d'une manière concordante, il en résulterait une éclatante confirmation de l'action assainissante des peuplements forestiers et particulièrement des bois résineux, sur les terrains marécageux ou trop humides et par suite malsains. La puissance d'évaporation d'une forêt est énorme, surtout quand elle a, sous le pied même de ses cépées et de ses arbres, une réserve aquifère où elle peut puiser en quelque sorte indéfiniment.

Cette puissance d'évaporation, comme nous avons eu déjà l'occasion de le signaler (1), est constatée matériellement par les aéronautes : chaque fois que l'aérostat passe au-dessus d'une étendue boisée importante, il se produit un abaissement de température très sensible et qui se traduit par une descente marquée du ballon, laquelle ne peut être combattue que par la projection au dehors d'une certaine quantité de lest. C'est l'effet de la plus grande humidité de l'air provenant de l'eau évaporée par la cime des arbres qui produit l'abaissement de la température.

Régime forestier et forêts privées — Un fait très remarqué en France — et probablement dans beaucoup d'autres pays où les forêts de l'État, des communes et autres corps constitués, sont gérées par l'administration publique — c'est que les bois de particuliers sis loin des forêts relevant de cette administration, sont généralement mal tenus, exploités à intervalles beaucoup trop courts, souvent ravagés par l'introduction intempestive du bétail, rendant par suite un revenu très inférieur à ce qu'il devrait être.

Au contraire, les bois privés qui sont riverains ou voisins de ceux que régit soit un service public, soit une administration privée, mais hiérarchisée pour la gestion de forêts d'étendue considérable, sont d'ordinaire assez soignés, aménagés régulièrement, et d'un rendement à peu près normal, grâce à l'exemple que leurs propriétaires ont sous les yeux.

Mais les propriétés particulières d'une étendue assez considérable pour motiver le concours de toute une hiérarchie d'administrateurs, comme par exemple la forêt de Conches, en Normandie (Eure), qui comprend sept à huit mille hectares d'un seul tenant, ces forêts-là, au moins en France, sont rares. La très majeure partie de ceux des sept millions d'hectares boisés appartenant à des particuliers qui sont éloignés des grandes agglomérations forestières, offrent trop souvent le spectacle d'une végétation languissante, laissant voir peu de grands et gros arbres, mais de maigres perchis si ce sont des résineux, de confuses broussailles si ce sont des taillis, le tout entremêlé de clairières et de vides improductifs.

Plusieurs se sont préoccupés ou se préoccupent de ce fâcheux état de choses. D'aucuns auraient voulu qu'on organisât un vaste syndicat de propriétaires forestiers avec une administration qui

(1) Rev. des Quest. scient. de juillet 1905, p. 65.

gérerait les affaires du syndicat d'une manière analogue à la gestion des bois de l'État et des communes, ou plutôt de celles-ci.

Une telle conception est plus théorique que pratique. Autres sont les conditions et les besoins des forêts du nord ou du centre, autres de l'ouest ou du midi; autres celles de la plaine, autres celles de la montagne; et parmi ces dernières, autres celles des Alpes et des Pyrénées, autres celles du Jura, des Vosges ou des Ardennes. Une administration publique qui dispose de toutes les ressources et de l'autorité de l'État, peut faire face à un ensemble de conditions aussi variées. Mais comment pourraient s'entendre, dans le syndicat proposé, les propriétaires forestiers de Bretagne et de Normandie avec ceux de Vaucluse et de la Provence, ceux de la Picardie et de l'Artois avec ceux du Plateau central ou des Landes de Gascogne? Comment organiser un syndicat avec des représentants des intérêts correspondant à des procédés si différents?

Un socialiste proposerait sans doute la « nationalisation », c'est-à-dire la confiscation par l'État, de toutes les forêts existantes. Mais quiconque a le respect du bien d'autrui et reste fidèle à la maxime juridique : *honeste vivere, suum cuique tribuere, alterum non laedere*, n'aura pas un seul instant l'idée de recourir à ce mode de brigandage.

Un moyen beaucoup plus simple et qui ne lèse aucun droit, restant d'ailleurs facultatif, est proposé par deux forestiers distingués, MM. Desjobert (1) et Broilliard (2), conservateurs des Forêts en retraite.

Pourquoi la législation forestière ne contiendrait-elle pas une disposition d'après laquelle tout particulier possesseur de bois et forêts pourrait obtenir, moyennant une rétribution à déterminer, que la gestion de cette nature de biens lui appartenant fût confiée aux agents forestiers de l'État? Ceux-ci, naturellement, se conformeraient, pour les grandes lignes de cette gestion, aux intentions de chaque propriétaire, comme ils le font déjà pour les bois et forêts des communes et des hospices, se bornant à des conseils pour les mesures qui leur paraîtraient désirables. Même, avec cette restriction nécessaire, une amélioration considérable, un bien énorme, résulterait d'une telle mesure : les forêts particulières mieux administrées, gérées par des hommes

(1) Cf. *Aide à la gestion des bois des particuliers*, dans BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ FORESTIÈRE DE FRANCHE-COMTÉ ET BELFORT, mars 1906.

(2) *Soumission volontaire au Régime forestier*, même recueil, décembre 1906.

techniques, honnêtes et expérimentés, prendraient au bout de peu d'années un tout autre aspect que celui décrit plus haut.

Bien comprise, une telle mesure ne ferait rien perdre aux propriétaires de leur liberté d'action, les agents forestiers se chargeant bien des opérations (balivages, récolements, arpentages, ventes, répression des délits, etc.), mais n'usant d'ailleurs vis-à-vis d'eux que du droit de conseil. Au surplus, ces soumissions ne devraient être consenties que pour un temps limité, dix ans par exemple, au bout desquels, sauf reconduction tacite, le propriétaire pourrait, à son gré, reprendre l'administration directe de sa propriété.

Ce mode de gestion serait particulièrement précieux pour les forêts grevées de droits d'usage ou d'usufruit, causes incessantes de difficultés, de contestations, voire de procès.

Il faut bien, du reste, que ce besoin d'une meilleure gestion de la propriété forestière privée soit, comme on dit, dans l'air. Car récemment une feuille très populaire et très répandue en France, le Petit Journal, se faisait l'écho des doléances de l'opinion à ce sujet, préconisant, comme remède à l'état de choses actuel, l'organisation d'un syndicat général. Nous avons indiqué plus haut les objections qu'une telle organisation soulève. Il n'en est pas moins vrai que le fait qu'une telle proposition soit présentée et appuyée par un organe comme le Petit Journal, est significatif : il prouve que l'opinion publique commence à se rendre compte de la haute importance des forêts par leur rôle physique et économique dans le monde (1).

Utilisation des menus bois de valeur faible ou nulle. — S'il est établi — et la chose ne peut guère être contestée — que la consommation en bois d'œuvre de toute nature est, dans le monde entier, supérieure à sa production, il n'en est pas moins vrai que, généralement parlant, les bois de feu sont de plus en plus délaissés au profit des combustibles minéraux solides, liquides ou gazeux... et de l'électricité. Les bois de chauffage de fortes dimensions, c'est-à-dire produisant de grosses et belles bûches, se vendent encore. Mais la charbonnette et les fagots ou bourrées, seul fruit des taillis simples exploités de quinze à dix-huit ans, ne donnant guère, comme production moyenne dans les bois bienvenants, qu'une centaine de stères et

(1) L'article du Petit Journal est analysé dans le Bulletin de la Société centrale forestière de Belgique, mars 1907.

trois mille fagots à l'hectare, sont d'un mince profit : les fagots ou bourrées ne valant que le prix de façon, représentant plutôt une perte qu'un profit, l'exploitant ayant dû payer ses ouvriers à un prix dont il ne sera remboursé que plus tard; quant au bois à charbon, il ne peut pas être évalué, façonné, à plus de 1 fr. 40 le stère, soit 140 francs à l'hectare, ce qui ne représente qu'un revenu de moins de 10 francs par an, dont il faut encore déduire l'impôt et les frais de garde.

C'est un produit dérisoire.

Il est facile de dire aux propriétaires de forêts dont les coupes sont réglées de quinze à dix-huit ans : allongez vos révolutions; conduisez vos taillis à être exploités à vingt-cinq, trente ou trente-cinq ans, de manière à donner du bois d'industrie. Mais un tel conseil n'est pas toujours prochainement exécutable, surtout si la forêt considérée représente la majeure part de l'avoir de son possesseur. D'ailleurs, exploité même à trente ou quarante ans, un taillis donne toujours (et une futaie pareillement) par les branches, par l'extrémité des cimes, des menus bois dont la défaite sera toujours difficile sinon onéreuse.

M. Caquet a exposé à la Section de Sylviculture de la Société des Agriculteurs de France (1), les moyens qui commencent aujourd'hui à être employés pour arriver à une meilleure utilisation de ces produits inférieurs.

On en vient à supprimer, pour la fabrication du charbon, la mise en meule sur place des brins de charbonnette, et à la remplacer par la carbonisation de ces mêmes brins en vase clos, soit à l'aide d'appareils portatifs démontables, du poids de 4500 kilos, imaginés par M. Dromard, soit dans des usines fixes. Il existe de ces usines à Ivry, près de Paris, dans les Ardennes à Haybes, et en Nivernais, à Prémery; la Belgique et l'Allemagne en possèdent également. L'usine de Prémery attire à elle les bois à charbon dans un rayon de cinquante à soixante kilomètres.

D'autres usines ou appareils sont affectés à la distillation de toutes sortes de bois tant résineux que feuillus.

Mais il y a aussi les fagots et les bourrées en majeure partie composés de brins d'un diamètre inférieur à 10 millimètres et qui ne sauraient être affectés à la carbonisation. Pour ces brindilles, des essais ont été faits, non sans succès, en vue de les broyer et de les réduire en une sorte de paille comestible pour les bestiaux. Puis, un progrès en amenant un autre, on est arrivé à

(1) Séance du 16 mars 1906. Cf. les COMPTES RENDUS de l'Assemblée générale, 3e fascicule, pp. 350 et suiv.

construire des appareils dits de *digesterie*, au moyen desquels cette nouvelle matière fourragère est débarrassée de toute acidité comme de tous éléments tanniques et parfaitement adaptée à l'alimentation du bétail. Grâce à ce procédé, le prix de vente des fagots peut atteindre 7 à 8 francs le cent, soit 210 à 224 francs pour les trois mille fagots de l'hectare de rendement moyen.

M. Caquet ne nous dit pas si, et à quel taux, la carbonisation en vase clos a fait monter le prix du stère de charbonnette, comme il indique la forte plus-value des fagots soumis à la double opération du broyage et de la digesterie. Il eût été intéressant aussi de faire connaître l'influence de la distillerie sur le prix des menus bois de toutes essences.

Quoi qu'il en soit, l'honorable membre de la Section de Sylviculture a demandé qu'il fût proposé, au Conseil d'administration de la Société, de nommer une commission chargée d'aller étudier sur place ces divers systèmes, par voie mécanique et chimique, d'utilisation des plus minimes débris de l'exploitation des bois.

Il y a lieu d'ajouter qu'à la séance de la Commission permanente du 24 janvier 1907, plusieurs membres ont fait observer que leurs essais d'alimentation de leurs bestiaux avec les brindilles de taillis préalablement broyées, n'ont pas donné jusqu'ici des résultats bien concluants. Néanmoins, vu la grande importance de la question, il faut poursuivre les essais et s'informer de ce qui a été fait ailleurs à ce sujet, notamment en Angleterre.

L'Exposition des bois aux États-Unis. — C'est un fait bien reconnu aujourd'hui, et nous le rappelions tout à l'heure, que, prise dans son ensemble, la production commerciale ou utilisable des forêts du monde entier est sensiblement supérieure à leur rendement. Autrement dit, il est exploité et livré à la consommation, chaque année, une quantité de bois plus considérable que celle qui est produite par la feuille annuelle.

Sous ce rapport, les États-Unis d'Amérique ont, sans doute, la palme, le *record*, comme on dit aujourd'hui. Le journal Le Bois a publié, d'après les statistiques commerciales de ce vaste pays, la production, exprimée en dollars, de leurs exportations forestières, de dix ans en dix ans jusqu'en 1900, et ensuite durant les années 1902 et 1903. Voici cette statistique, elle ne laisse pas d'être édifiante :

Année 1820	3 822 785	dollars.
» 1830	2 661 355	»
» 1840	3 865 694	»
» 1850	4 590 747	»
» 1860	10 299 959	»
» 1870	14 897 963	»
» 1880	17 321 268	»
» 1890	29 473 084	»
» 1900	52 218 112	»
» 1902	48 188 661	»
» 1903	57 835 896	»

Ainsi, en moins d'un siècle, le montant des exportations de produits forestiers non manufacturés s'est élevé de 2 ou 3 millions à près de 58 millions de dollars. Sauf deux baisses relatives (très relatives) en 1830 et 1902, l'accroissement a été constant et considérable, avec, parfois, des sautes importantes comme celles de près de 5 millions de 1860 à 1870, de 13 millions de 1880 à 1890, de 23 millions entre 1890 et 1900. Il n'y a pas de raison pour que cette progression s'arrête avant longtemps.

Cubage des bois. Rapport du volume aux planches. — La question avait été posée à la Société des Agriculteurs de France, section de Sylviculture, de savoir quel est le rendement, en sciages marchands, d'un mètre cube de bois.

Il a été répondu, en ce qui concerne le chêne et le sapin, par un éminent forestier, M. Bouquet de la Grye, dont tous les amis des arbres et des forêts ont eu, depuis, à déplorer la perte. En ce qui concerne le chêne, les moyennes de rendements s'établiraient ainsi : en prenant pour type la planche dite d'*entrevous* qui mesure 1 pouce d'épaisseur ($0^m,027$) et 9 pouces ($0^m,243$) de largeur, il faut, pour donner 200 mètres d'entrevous, $1^{m3},300$ à $1^{m3},500$ de bois cubé au cinquième déduit. Il faudrait $2^{m3},600$ à 3 mètres cubes si le calcul était fait sur du bois en grume, puisque le volume grume est double du volume calculé au cinquième. La planche d'entrevous se vend au mètre courant, la longueur de la planche ne pouvant être inférieure à 2 mètres.

Quant à la planche de *sapin* — ce qui, en langue commerciale, comprend également l'épicéa, les pins sylvestres, laricio et autres, en général tous les bois résineux exploitables — la planche type ou *ordinaire*, elle mesure également 1 pouce d'épaisseur, 9 pouces de largeur, et 12 pieds ($3^m,90$) de longueur. Vingt-six à vingt-sept de ces planches correspondent à 1 mètre cube en grume.

Ces chiffres sont des moyennes prises sur des sciages effectués sur le parterre même des coupes. Ils seraient plus élevés pour des bois débités dans les scieries où le perfectionnement de l'outillage diminue la quantité du déchet.

Trufficulture. — D'après un rapport de M. le comte de Salvandy (1), la production, en France, des truffes dites de Périgord — mais qui sont fournies également par les départements limitrophes de la Dordogne, comme aussi par la Drôme, le Vaucluse et les Basses-Alpes, — ne serait pas inférieure, annuellement, à 1 1/2 million de kilogrammes, dont 500 000 seulement proviendraient du Périgord proprement dit. L'exportation s'élèverait, sous forme de conserves, à 200 000 kilogrammes. Ajoutons que les départements méridionaux ne sont pas les seuls producteurs du précieux tubercule, qui se rencontre aussi plus au nord, notamment en Berry, sur certains points de la Bourgogne, et jusqu'en Alsace.

Le rapport, qui a pour titre : *Le chêne truffier*, semble admettre que le chêne est la seule essence au travers des racines de laquelle la truffe prend naissance. On la trouve cependant au pied de diverses autres arbres ou arbrisseaux amentacés, tels, par exemple, que le châtaignier, le coudrier, et même, au moins l'*Elamophyces granulatus*, sous les pins et l'épicéa. D'autre part, il n'y a pas, à proprement parler, de chêne truffier. Cueillir des glands sur les chênes au pied desquels se rencontre la truffe et les semer ensuite, ne sera pas, à soi seul, un moyen de faire naître la truffe quand ces glands auront produit de jeunes gaulis de chêne (2). Mais, avec des glands *ramassés à terre* au pied des chênes truffiers, on aura beaucoup plus de chance d'en obtenir des truffes par la suite, parce que, du contact de ces glands avec le sol, sera résultée quelque adhérence à de quasi-microscopiques myceliums du champignon souterrain. Introduits en terre avec les glands, ces myceliums pourront produire des truffes lorsque les jeunes chênes issus des glands auront développé des radicelles en nombre suffisant, soit vers l'âge de 6 à 10 ans, au minimum.

Mais il est de toute probabilité que dans un bois mélangé de chêne, de châtaignier et de coudrier où l'on trouverait la truffe, des noisettes et des châtaignes ramassées à terre au pied des

(1) Rapport présenté au Conseil d'administration de la Société des Agriculteurs de France, en séance du 6 mars 1906.

(2) Sauf le cas où les arbres à truffes auraient été traités en vue de la fécondation artificielle de la truffe par l'intermédiaire des feuilles avant leur chute.

cépées, et semées ensuite, produiraient, dans le délai voulu, des truffes au pied des jeunes coudriers et châtaigniers provenant de ce semis.

L'auteur du rapport que nous apprécions estime que l'établissement de truffières fournirait un moyen précieux de rendre de la valeur, et une valeur considérable, à des terrains soit ruinés par la crise viticole, soit impropres à toute culture proprement dite, ou garnis d'une maladive végétation de chênes rabougris et malvenants. Et de fait, on a de nombreux exemples de cet heureux résultat. Les flancs du mont Ventoux, en Vaucluse, couverts de maigres taillis dont il n'était tiré presque nul profit, sont affermés, pour la culture et la production de la truffe, à raison de 80 000 francs par an. La commune de Bédoin, dans les mêmes parages, retirait de ses bois, pour la même cause, en 1882, un revenu de 23 000 francs, et, en 1892, de 55 000 francs (1) au lieu de celui de 560 francs qu'elle en obtenait avant l'introduction du champignon si prisé des gourmets. Dans des proportions beaucoup plus modestes, il est vrai, de petits bois communaux, en Alsace, qui rendaient, en 1860, 30 ou 40 francs par an, donnent, depuis qu'on y récolte des truffes, 300 et 400 francs par an. Pour être modestes, ces derniers chiffres n'en représentent pas moins une valeur décuplée.

Le point important, mais aussi le point délicat, c'est le moyen, la recette pour établir une truffière, soit en la créant de toutes pièces, soit en l'introduisant dans des bois existants (2).

Le mode de génération de la truffe est un secret que les biologistes n'ont pas encore entièrement pénétré. Cependant on a pu constater que les radicelles de certains arbres sont associées à des filaments ténus et délicats provenant du mycelium de certains champignons et plus particulièrement de la truffe. Or cette association est si parfaite et si intime que la radicelle de l'arbre forestier semble former avec le filament mycélien un tout morphologique nettement défini. Cet ensemble, qui n'est ni exclusivement une racine ni exclusivement un organe mycétologique, est ce que le naturaliste allemand Frank a appelé *mycorhize*.

(1) Cf. *La Forêt gauloise, franque et française*, dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES d'octobre 1906.

(2) Voir le *Bulletin de Sylviculture* de la livraison de janvier 1899, pp. 312 et suiv., où il est rendu compte d'un procédé de fécondation artificielle proposé par M. le duc de Grammont à la Commission permanente de la Section de Sylviculture (Société des Agriculteurs de France : BULLETIN du 1er juillet 1898).

Le tubercule charnu de la truffe est entouré d'un revêtement feutré gris qui n'est autre chose qu'un réseau de ramifications mycéliennes venant de différentes directions et qui, suivies jusqu'à leur extrémité, se montrent unies en symbiose avec des radicelles d'arbres amentacés, tels que charme, châtaignier, coudrier, hêtre et chêne, et s'il s'agit des *Elaphomyces* (truffes de cerf), des arbres résineux, pins et épicéa (1).

Ce sont les jeunes peuplements de ces diverses essences, quoique principalement du chêne, dont l'enracinement est multiple et très divisé, qu'affectionnent les précieux tubercules de préférence aux vieux arbres émettant au loin de grosses racines peu chevelues. Ils se plaisent dans les sols argilo-calcaires, mais aussi dans les sols sablonneux et divisés comprenant au moins une teneur de 2 p. c. en calcaire.

D'après M. de Salvandy, un champ d'expérience en vue de la culture de la truffe aurait été créé, depuis quelques années, dans la commune d'Yssandon près Brives (Corrèze), sous la surveillance d'un professeur d'agriculture, et aurait produit, l'année précédente, des tubercules sauvages (*Tuber dryophilium*) avant-coureurs d'une année ou deux, d'après les gens du pays, de la truffe comestible.

Le procédé de sectionnement ou d'avortement du pivot des jeunes plants de chêne, recommandé par M. de Salvandy, peut avoir son utilité en favorisant le développement et l'extension du *chevelu*, c'est-à-dire des radicelles. Il est du reste facile à réaliser en pépinière au moyen d'une bêche bien affilée, enfoncée obliquement le long des rangées alignées des jeunes plants. Ou bien encore on garnit d'une épaisseur de terreau suffisante un terrain pavé ou dallé et l'on y sème les glands. Les pivots arrêtés par le pavé ou la dalle s'atrophient et toute la sève descendante s'utilise en radicelles. Ces deux procédés semblent plus pratiques et moins chanceux que celui qui consisterait, d'après l'auteur du rapport, à provoquer l'atrophie du pivot au sein du gland lui-même.

Enfin l'on peut dire que la présence des micorhyzes, quelle que soit l'espèce de champignon, truffe ou toute autre, qui les produise, est éminemment favorable à la végétation des arbres en les mettant à même de participer en quelque mesure à la vie saprophyte. L'association des champignons aux racines des végétaux ligneux active, dans une forte proportion, le travail

(1) Cosmos du 10 novembre 1906. A. Acloque, *Les Micorhyzes*.

des bactéries sur les déchets nourriciers (feuilles mortes, menues ramilles et autres débris végétaux) pour les transformer en substances assimilables et favorise ainsi le développement et la bonne venue des arbres forestiers.

Le Lophyre du pin (*Lophyrus pini*, Lin.) est un hyménoptère qui, à l'état de larve, est une fausse chenille, munie de onze paires de pattes et qui vit à nu sur la cime des pins dont elle dévore les aiguilles jusqu'à la base et les jeunes pousses elles-mêmes. Cet insecte exerce particulièrement ses ravages dans les vastes plaines sablonneuses et maigres du nord de la Belgique, d'une étendue de 5000 kilomètres carrés et appelées Campine, où ont été introduits avec succès les pins sylvestre et maritime. Tantôt dans le nord-est du Brabant, tantôt dans la province d'Anvers, plus récemment dans nombre d'autres localités couvertes de pineraies, s'étendent les ravages de cet insecte. Les massifs résineux visités par le lophyre présentent en peu de temps un aspect lamentable, un peu comme si le feu y avait passé.

Mais, chose curieuse, il paraît que la redoutable fausse-chenille n'en veut qu'au pin sylvestre. M. le Dr Verstappen, de Diest, a constaté, dans ses propriétés peuplées en pin, que le maritime reste indemne à côté des sylvestres ravagés. Et un forestier belge, M. l'inspecteur Hoffmann, a pu s'assurer de la même immunité en faveur du pin laricio restant inattaqué au milieu des pins sylvestres dévorés par les lophyres.

Le Bulletin de la Société centrale forestière de Belgique, où nous avons puisé en grande partie les détails qui précèdent (1), regrette que le pin laricio soit trop peu représenté en Campine dont il paraît très bien supporter le climat, où il pousse rapidement passé les cinq ou six premières années, fournit un fût élancé et droit et s'associe très heureusement, dans les sables maigres, avec le pin maritime.

L'Écimeuse, Bupreste du chêne (2). — Les Buprestes sont des insectes coléoptères, voisins des Hannetons. L'un d'eux, *Coræbus trifaciatus* (Oliv.) ou Bupreste de l'yeuse, longtemps cantonné dans la méridionale région où se plaît le chêne vert, a

(1) Novembre et décembre 1905, avril 1906.

(2) *Le Coræbus*, par E. Desjobert, Conservateur des eaux et forêts en retraite, dans le Bulletin de la Société d'Agriculture de l'Indre, août 1906.

fait, depuis quelques années, son apparition dans le centre de la France où il s'attaque à toutes les variétés de chêne, principalement dans les bons peuplements de taillis composé, aux branches et à la pousse terminale des brins de deux âges. De là, les Berrichons ont donné à cette bestiole le nom d'*Écimeuse*.

Arrivé à l'état parfait, à l'état d'insecte proprement dit, le Bupreste du chêne ressemble à un petit hanneton qui n'atteindrait pas 2 centimètres de longueur avec une largeur de 5 millimètres et dont les élytres seraient de couleur brun-verdâtre. Ce n'est pas cet insecte qui peut causer des ravages appréciables, car une seule journée lui suffit, généralement au milieu ou vers la fin de juin, pour sortir de sa chrysalide, prendre ses ébats, s'accoupler, pondre ses œufs et... mourir.

Mais avant de passer de vie à trépas, la femelle, vers la fin de juin, a introduit ses œufs à l'aisselle des feuilles des rameaux des jeunes chênes. Bientôt éclos sous un rayon de soleil, chaque œuf produit un imperceptible petit ver qui va s'insinuer dans l'intérieur de la branche ou de la cime terminale où il a vu le jour, pour vivre et se développer aux dépens des tissus ligneux pendant près d'un an, c'est-à-dire jusqu'au milieu de mai ou au commencement de juin de l'année suivante. Il forme alors sa chrysalide qui dure une quinzaine de jours. Après quoi, le cycle recommence.

C'est donc à l'état larvaire que l'Écimeuse exerce ses ravages. Aussitôt éclos, le petit ver descend à l'intérieur de la branche ou du rameau, s'introduit d'abord dans la moelle, plus tendre que le bois, puis, devenu plus fort, gagne le liber, entre bois et écorce où il trouve une nourriture plus succulente et plus substantielle. Il prend alors un développement relativement considérable, puisque, presque littéralement microscopique à sa sortie de l'œuf, il parvient à une longueur de 4 à 5 centimètres avec un diamètre de quatre millimètres.

Quand, en mai, la larve écimeuse approche de sa fin, elle se met à cheminer en spirale entre le bois et l'écorce, dévorant, de ses mandibules sans doute renforcées par cet exercice, tout ce qu'elle rencontre sur son passage, arrêtant ainsi le mouvement de la sève. Finalement elle traverse, suivant son diamètre, la branche ou le rameau où elle est née et s'est développée, pour s'arrêter à la dernière membrane de l'écorce ; là elle creuse un espace un peu plus grand où elle opère ensuite sa chrysalidation ; et une fois parvenu à l'état parfait, l'insecte n'aura, pour prendre son vol, qu'à percer la mince paroi d'écorce qui le séparait de l'air libre.

Dans les peuplements vigoureux et bienvenants, les ravages de l'*Écimeuse* sont peu importants. Des chênes de deux âges surmontant le taillis voient quelques-unes de leurs branches latérales, parfois la pousse terminale se dessécher, les feuilles de ces rameaux jaunir, noircir et tomber. Mais l'ensemble de leur végétation vigoureuse ne tarde pas à réparer ces pertes modiques.

Il n'en va pas de même dans les trop nombreux taillis exploités à courte révolution, en sol maigre et aride, où les *baliveaux* sont rares et les *modernes* encore plus. L'*Écimeuse*, en pareil cas, faute d'arbres de deux âges et même d'un seul, se jette sur les jeunes brins de cépées, et souvent les dévore de la souche au bourgeon terminal.

A ce mal, il y a peu, ou plutôt il n'y a pas, pratiquement, de remède. Heureusement la nature — ou, plus exactement, le Créateur — a elle-même limité les ravages de notre larve par l'intermédiaire d'un membre de l'innombrable tribu parasite des Ichneumonides qui, à l'état de larves, ne peuvent vivre que de la substance même des autres insectes. L'ichneumon du bupreste appartenant au genre *Lissonota*, pond ses œufs dans la larve même de l'*Écimeuse*; ceux-ci y éclosent, y vivent et s'y développent aux dépens de l'hôte qui les héberge involontairement.

Quand le *Coræbus* se multiplie en trop forte proportion, l'ichneumon pullule en proportion plus forte encore.

Diriger les taillis de chêne selon les bonnes méthodes est, somme toute, le vrai moyen d'empêcher les ravages de l'*Écimeuse* du chêne.

C. DE KIRWAN.

Mars 1907.

SCIENCES ÉCONOMIQUES

Angleterre. La Conférence coloniale. — Le 15 avril dernier, la Conférence coloniale s'est réunie à Londres — ses précédentes assises avaient eu lieu en 1902. Les réunions de la Conférence, auxquelles les colonies autonomes délègnent leurs propres ministres, tendent à devenir périodiques; le gouvernement britannique estime qu'elles constituent un excellent moyen de resserrer les liens qui unissent les différentes parties

de l'empire et qui doivent leur force à la communauté d'origine, aux traditions et à l'intérêt politique.

Le premier objet important dont se soit occupée la Conférence a été la création, à Londres, d'un bureau intercolonial. Le gouvernement, qui entend conserver la haute main dans les rapports des colonies avec la métropole, n'a pas voulu d'un organisme indépendant et n'a consenti qu'à la formation d'un Comité spécial rattaché au ministère des Colonies.

Deux grosses questions étaient à discuter par la Conférence : la politique douanière et la défense de l'empire. De la première je crois intéressant de dire quelques mots, car elle se rattache directement aux études publiées par cette Revue sur le néo-protectionnisme britannique. Certes, le système protecteur de M. Chamberlain a été solennellement condamné en Angleterre, mais, nonobstant la volonté expresse marquée par le corps électoral du Royaume-Uni en faveur du libre-échange, il semble à certains qu'il reste place à des concessions réciproques, de la part des colonies et de la mère-patrie, les plus grandes étant consenties par celle-ci. M. Deakin, représentant la Fédération australienne, s'est fait le défenseur de cette thèse au sein de la Conférence et a présenté les résolutions suivantes qui reproduisent en partie celles adoptées en 1902.

« La Conférence est d'avis que l'adoption du principe des tarifs différentiels réciproques par la Grande-Bretagne et par ses possessions d'outre-mer stimulerait et faciliterait leurs relations commerciales et renforcerait l'empire en provoquant le développement des ressources et des industries de toutes ses parties.

» Elle reconnaît que, dans les circonstances actuelles, il n'est pas possible d'adopter un système général comportant le libre-échange entre la mère-patrie et ses colonies.

» Cependant, en vue d'aider au développement du commerce à l'intérieur de l'empire, il est désirable que les colonies accordent, si elles ne l'ont déjà fait, autant que les circonstances le permettent, un traitement de faveur aux produits du Royaume-Uni.

» Il est désirable que le traitement de faveur accordé par les colonies aux produits du Royaume-Uni soit étendu à ceux des autres colonies autonomes.

» Il est aussi désirable que la Grande-Bretagne accorde un traitement de faveur aux produits de ses colonies. »

De son côté, le gouvernement de la Nouvelle-Zélande a proposé ce qui suit :

« Il est essentiel au bien-être tant du Royaume-Uni que de ses possessions, que des tarifs de faveur soient accordés dans les colonies aux produits britanniques transportés sur des navires britanniques, et que dans le Royaume-Uni les produits coloniaux actuellement imposés jouissent d'un droit d'entrée privilégié. »

Enfin, le gouvernement du Cap a présenté, à son tour, les résolutions suivantes :

« La Conférence se rallie à la résolution adoptée unanimement par la Conférence coloniale tenue à Londres en 1902 et constate avec une vive satisfaction les progrès faits par les idées de réciprocité dans les diverses colonies.

» La Conférence, en adhérant au principe de droits de faveur à accorder aux produits du Royaume-Uni, invite instamment le gouvernement britannique à considérer que le maintien de ce privilège dépend largement de l'octroi d'avantages semblables aux colonies britanniques. »

En somme, tous les représentants coloniaux se sont ralliés au principe de tarifs différentiels réciproques à établir par le Royaume-Uni et les colonies, sauf le représentant de l'Inde et le général Botha, représentant des possessions transvaaliennes, lequel a fait une déclaration équivalant à une abstention. Le représentant de l'Inde a déclaré qu'aucun avantage intercolonial ne saurait compenser pour l'Inde le préjudice qui pourrait lui être causé par les représailles des pays étrangers que des tarifs de faveur accordés aux colonies anglaises lèseraient gravement dans leurs exportations. L'empire britannique, en effet, vend à l'Inde pour 50 millions de livres sterling et ne lui achète que pour 39 1/2 millions de livres, alors que les importations des pays étrangers dans l'Inde sont inférieures de 48 millions de livres aux exportations de l'Inde vers les pays étrangers. L'Inde est un pays essentiellement exportateur : elle exporte pour 105 1/2 millions de livres et n'importe que pour 68 millions.

M. Asquith, chancelier de l'Échiquier, en y mettant toutes les formes requises pour maintenir la cordialité parmi les membres de la Conférence, s'est nettement prononcé contre les propositions de la quasi-unanimité des représentants coloniaux. Il a affirmé la liberté de chacun qui doit être considérée comme étant un des traits essentiels du pacte impérial. L'indépendance fiscale doit être considérée comme absolue, les colonies ont le droit d'entourer leurs propres industries d'un régime protecteur et d'élever des barrières douanières même contre la mère-patrie.

Quant au Royaume-Uni, son intérêt est de rester fidèle au libre-échange, car on ne pourrait accorder de préférence aux colonies qu'en taxant les vivres. Le libre-échange est une nécessité nationale. La Grande-Bretagne comprend 41 millions d'habitants qui dépendent pour l'alimentation et les matières premières de sources extérieures d'approvisionnement. Cette population supporte une lourde dette contractée en grande partie pour édifier l'empire et assume les frais de la diplomatie et de la défense impériales. Il importe que la Grande-Bretagne demeure le plus grand marché commercial du monde et continue à tirer le meilleur bénéfice de sa marine marchande.

M. Asquith a déclaré cependant que le gouvernement était disposé à rechercher, en dehors de tarifs différentiels réciproques, les moyens de développer les relations commerciales entre les différentes parties de l'empire. Il a parlé de l'amélioration des moyens de communication, spécialement du service de steamers, de l'augmentation du nombre des agents commerciaux dans les colonies, de la réduction des droits de passage dans le canal de Suez, de l'établissement d'un service de transports pour voyageurs entre la Grande-Bretagne et l'Australie par le Canada.

Finalement, la Conférence a voté la résolution suivante :

« Sans préjudice aux résolutions déjà adoptées ni aux réserves formulées par le gouvernement de Sa Majesté, la Conférence, reconnaissant combien il importe de favoriser la liberté et le développement des relations commerciales à l'intérieur de l'empire, estime que la façon la plus sûre d'atteindre ce but est de laisser à chaque partie de l'empire toute liberté pour choisir, en ce qui la concerne, les moyens qui lui conviennent le mieux eu égard à ses conditions et à ses besoins spéciaux. Elle émet aussi le vœu que tous les efforts soient faits en vue d'obtenir la coopération de tous à la réalisation d'un état de choses présentant un intérêt mutuel. »

La thèse du gouvernement impérial l'emporte donc. C'est le *statu quo*, permettant à chacun de poursuivre, par des moyens appropriés à sa propre situation, l'amélioration de son commerce, pour autant que l'emploi de ces moyens ne soit pas par le fait même obligatoire pour autrui.

Je ne quitterai pas l'Angleterre sans signaler l'état prospère de ses finances. Les revenus de l'exercice écoulé ont dépassé les dépenses de 5 399 000 livres sterling ; pour l'exercice en cours, on prévoit un excédent de 4 033 000 livres. Une conséquence

prochaine de cette heureuse gestion financière est l'allégement de l'*Income tax* au bénéfice de 900 000 contribuables sur 1 100 000 qui la supportent. Une distinction serait faite entre les revenus provenant du travail et ceux provenant d'autres sources; les premiers seuls seraient exonérés à concurrence de 3 pence par shilling frappant actuellement chaque livre de revenu. Cet avantage ne serait accordé qu'aux contribuables dont les revenus totaux ne dépasseraient pas 2000 livres. La réforme coûterait annuellement au trésor 2 000 000 de livres.

Allemagne. Les Syndicats. — Le Syndicat des aciers allemands a été renouvelé le 30 avril dernier, à minuit, pour cinq ans. Cet événement — car événement il y a, vu l'influence considérable du syndicat sur le marché industriel et les appréhensions qu'avait provoquées l'éventualité de son non-renouvellement — a immédiatement provoqué un réveil marqué des affaires de la sidérurgie. De gros achats ont été opérés, les carnets de commandes se sont remplis; entre le producteur et le consommateur la confiance un instant ébranlée s'est raffermie. Le renouvellement du Syndicat des aciers allemands a entraîné celui du Cartel international des rails et du Syndicat belge des aciers et des négociations ont été immédiatement entamées en vue de la prorogation, en Allemagne, du Syndicat des fils laminés, de celui des aciers de construction et de celui des tubes pour conduites de gaz et pour chaudières.

Les syndicats sont des régulateurs de production et de prix, ce sont aussi de véritables soutiens pour certaines entreprises qui livrées à elles-mêmes péricliteraient. Ce qui rend difficiles la constitution et le fonctionnement d'un syndicat, c'est l'inégalité existant entre ses membres; tous ne se trouvent pas dans les mêmes conditions et leurs intérêts ne peuvent être satisfaits que par des moyens différents. Le syndicat allemand — le *Cartell* — est né directement du souci de supprimer les crises économiques, sa conception théorique a précédé sa réalisation pratique. C'est peut-être là un exemple unique. La théorie, en tout cas, n'avait pas prévu les complications diverses qui ont menacé et menacent encore l'existence des grands syndicats allemands. Un peu d'histoire documentaire éclairera cette importante question.

Le Syndicat des aciers, dont je viens de parler, s'occupe de la vente des produits demi-ouvrés. Ses membres sont ses fournisseurs et, éventuellement, ses clients, mais ils sont en même

temps les fournisseurs d'autres que lui, de sorte que le syndicat, lorsque les commandes sont fortes, ne reçoit pas suffisamment d'acier. Lorsque les commandes sont faibles, au contraire, on lui en offre plus que le nécessaire. On aurait pu cependant trouver une solution facile si des membres du syndicat n'avaient cherché à se rendre indépendants en construisant de nouvelles aciéries, en achetant des usines produisant plus d'acier que pour les besoins de leur consommation. Ces membres ne se trouvent plus forcés d'acheter au syndicat et, d'autre part, ils passent des contrats avec des maisons de commerce et s'assurent ainsi le débouché de leurs produits. Le syndicat est formé d'éléments dissemblables et, dans ces conditions, il est extrêmement difficile de déterminer la quote-part de production de chacun. Cette difficulté devient encore plus grande lorsqu'il s'agit de prononcer l'admission d'un concurrent important qui réclame pour lui une quote-part jugée excessive. Tel est le cas, au regard du Syndicat des aciers, des Westfälischen Stahlwerke.

Il existe en Allemagne un syndicat de la potasse qui a été secoué par une crise violente due au développement exagéré de l'industrie. Le syndicat compte actuellement 36 membres, mais des demandes d'admission de plus en plus nombreuses ont été introduites. Une véritable fièvre de potasse a sévi : 31 sociétés nouvelles achèvent actuellement la construction de leurs puits d'extraction, 20 ont commencé cette construction, plus de 100 sociétés de sondage se sont constituées. C'est un véritable gaspillage des richesses minières qui doit avoir pour conséquence, par la surproduction, de diminuer les bénéfices de l'industrie. Une loi, la *Lex Gamp*, entrée en vigueur il y a deux ans, a bien aboli la liberté des mines pour la potasse et pour la houille, mais pour la potasse elle est venue trop tard et, d'ailleurs, la province de Hanovre échappe à son application. La tactique du syndicat est de se défendre contre l'introduction de nouveaux membres, tout en évitant de se créer des concurrents redoutables.

Pour la houille, autre point de vue. Le fisc prussien, qui possède de nombreuses mines mais n'extrait pas beaucoup, aurait voulu entrer avec voix prépondérante dans le Syndicat rhénan-westphalien de la houille. Le syndicat et le fisc ont joué au plus fin, le fisc ne l'a pas emporté. Mais la crise du syndicat de la houille, sans parler des premiers avatars, provient d'autres causes. Actuellement, le syndicat comprend des Reinen-Zechen, houillères et fours à coke, et des Huetten-Zechen, houillères

avec industries annexées, hauts fourneaux, aciéries, laminoirs. Les Huetten-Zechen sont des industries intégrées ayant une tendance à se rendre de plus en plus indépendantes. Le syndicat voulut empêcher la formation de nouvelles Huetten-Zechen; les Huetten-Zechen existantes achetèrent alors des Reinen-Zechen, formèrent avec elles des blocs indivisibles quant à la quote-part à fournir au syndicat et augmentèrent de cette façon leur indépendance vis-à-vis de lui. La crise continuera vraisemblablement jusqu'à absorption complète des Reinen-Zechen produisant du coke et du charbon gras.

B.

La *Société Scientifique de Bruxelles* offre ses respectueux hommages à S. Gr. Mgr Mercier, archevêque de Malines, créé cardinal le 15 avril 1907, et ses cordiales félicitations à M. A. de Lapparent, membre de l'Institut, nommé secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, en remplacement de M. Berthelot, à M. A. Witz, professeur aux Facultés catholiques de Lille, nommé membre correspondant de l'Académie des Sciences et à M. A. de Hemptinne, professeur à l'Université de Louvain, nommé membre correspondant de l'Académie des Sciences de Belgique, membres de la Société Scientifique, et collaborateurs de ses Annales et de sa Revue.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

—

Annuaire pour l'an 1907, publié par le Bureau des longitudes. Un vol. in-16 de 682 pages, A. 8, B. 20, C. 146, D. 45. — Paris, Gauthier-Villars.

Le présent Annuaire contient des tableaux détaillés relatifs à la Métrologie, aux Monnaies, à la Géographie, à la Statistique et à la Météorologie. Il se termine par trois *notices scientifiques : Diamètre de Vénus*, par A. Bouquet de la Grye; *Note sur la XVe Conférence de l'Association géodésique internationale*, par A. Bouquet de la Grye; *Histoire des idées et des recherches sur le Soleil. Révélations récentes de l'atmosphère entière de l'astre*, par H. Deslandres.

Annuaire astronomique pour 1907, publié par l'Observatoire royal de Belgique. Un vol. in-16 de 550 pages. — Bruxelles, Hayez.

Ce volume contient les notices scientifiques suivantes : *Le cercle méridien de Repsold*, par H. Philippot; *Installation des pendules à l'Observatoire royal de Belgique*, par E. Delporte; *Description de la lunette méridienne de Gombey*, par J. Delvosal; *Sur les appareils sismiques et les tremblements de Terre d'origine lointaine*, par O. Somville.

Annuaire pour l'an 1907, publié par la Société belge d'Astronomie. Un vol. in-8° de 192 pages. — Bruxelles, Larcier.

Une notice de M. Van Biesbroeck sur l'*Observation des Étoiles variables* et une de M. A. Bracke sur l'*Observation des orages* sont jointes au présent Annuaire.

Mémoires de l'Observatoire de l'Ebre. N° 1. Grand in-8° de 56 pages avec cartes et planches hors texte. — Barcelone, G. Gili, 1906.

Ce premier fascicule des Mémoires de l'Observatoire récemment fondé par la Compagnie de Jésus, à Roquetas (Tortosa, Espagne), contient une *Notice sur l'Observatoire et sur quelques observations de l'Éclipse du 30 août 1905* par le P. R. Cirera, S. J. Édition française, traduction par le P. E. Merveille, S. J.

G. Petit Bois. — Tafeln unbestimmter Integrale. Un vol. in-4° de XII-151 pages. — Leipzig, Teubner, 1906.

Recueil d'environ 2300 intégrales indéfinies ramenées à 110 types distincts. Le but essentiellement pratique de l'ouvrage a déterminé l'auteur à grouper les intégrales d'après la forme qu'elles présentent, non d'après la similitude des méthodes d'intégration. Ces méthodes d'ailleurs ne sont pas même indiquées. La clarté de l'impression, l'heureux choix de quelques notations font de ce recueil un instrument de travail facile et agréable à manier. F. W.

F. Durio. — Die Elemente der analytischen Geometrie des Raumes. Troisième édition. Un vol. in-8° de X-186 pages. — Leipzig, Teubner.

Traité élémentaire très soigné, écrit en vue de l'étude privée aussi bien que de l'enseignement scolaire. Près de cinq cents exercices très faciles sont insérés dans le corps même de la théorie. Un bon index termine l'ouvrage. Signalons — c'est un mérite encore assez rare — le soin apporté à élucider les ambiguïtés qu'on pourrait appeler classiques : angle de deux droites, angles directeurs d'une droite, sens de la normale à un plan. Questions de signes, sans doute. Mais l'étudiant qui croit pouvoir les dédaigner, éprouve un sentiment d'incertitude, de malaise, désagréable et fatigant, qui le poursuit dans tout le cours d'une application, et qui altère l'impression de sécurité sereine propre à l'étude de la vérité mathématique. F. W.

Maurice Lévy. — La Statigraphique et ses applications aux constructions. Troisième édition. Première partie. Principes et applications de Statigraphique pure. — Paris, Gauthier-Villars, 1907.

Réédition mise en concordance avec les nouvelles circulaires ministérielles françaises pour les calculs relatifs aux ponts (29 août 1891), aux halles à voyageurs et à marchandises (17 février 1903) et au béton armé (20 octobre 1906).

R. P. L. Sodiro, S. J. — Contribucion al conocimiento de la flora ecuatoriana. *Monografia III*. Tacsonias ecuatorianas. Quito, 1906.

Belle monographie faisant suite aux ouvrages floristiques du R. P. Sodiro. L'auteur énumère et décrit toute les formes de

Tacsonia — genre de la famille des Passifloracées — connues de la République de l'Équateur. Nous y trouvons cinq espèces nouvelles et trois variétés. Les descriptions sont détaillées, en latin et en espagnol. Quatre belles planches montrent les principaux caractères de quelques espèces. L. N.

Em. De Wildeman. — Annales du Musée du Congo. *Études de systématique et de géographie botaniques sur la flore du Bas et du Moyen-Congo.* Vol. I. Fasc. I. Pages 1-84, planches I-XXXV. — Bruxelles, février 1907.

Grâce à l'activité de notre collègue M. Em. De Wildeman, l'étude de la flore du Congo avance rapidement. Dans ce fascicule, continuation des magnifiques publications de l'État Indépendant, on trouve bon nombre de plantes de plusieurs familles tant Cryptogames que Phanérogames, énumérées ou décrites. Les descriptions, pleines et sobres à la fois, sont en français. Les champignons ou Mycètes sont seulement énumérés; leur étude est due à la collaboration du savant mycologue italien M. Saccardo. Les planches sont, les unes des photogravures, d'autres des héliogravures, d'autres, enfin, dessinées d'après nature; toutes sont excellentes. A remarquer, parmi les photogravures, le *Crinum Laurenti* De Wild et Th. Dur. L. N.

Jean Paraf. — Commutatrices et transformateurs électriques tournants. Petit in-8° de 195 pages avec 58 figures *(Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire).* — Paris, Gauthier-Villars et Masson.

Monographie assez détaillée de la commutatrice, fournissant aux constructeurs et aux exploitants l'ensemble des notions théoriques et pratiques relatives à cette intéressante et importante machine transformatrice : conditions et particularités de fonctionnement des commutatrices; montage, mise en marche et association; étude expérimentale, calcul et construction; utilisations diverses auxquelles se prêtent ces convertisseurs. Le dernier chapitre est consacré aux transformateurs tournants autres que les commutatrices, et décrit, en examinant leurs avantages et leurs défauts comparés, les groupes moteur-générateur, les permutatrices, les redresseurs, etc.

LA MOUCHE BLEUE DE LA VIANDE

Pour expurger la terre des souillures de la mort et faire rentrer dans les trésors de la vie la matière animale défunte, il y a des légions d'entrepreneurs charcutiers, parmi lesquels sont, dans nos régions, la Mouche bleue de la viande (*Calliphora vomitoria* Lin.), et la Mouche grise (*Sarcophaga carnaria* Lin.). Chacun connaît la première. C'est la grosse mouche d'un bleu sombre qui, son coup fait dans le garde-manger mal surveillé, stationne sur nos vitres et gravement y bourdonne, désireuse de s'en aller au soleil mûrir une autre émission de germes. Comment dispose-t-elle ses œufs, origine de l'asticot odieux exploiteur de nos vivres, venus de la chasse ou de la boucherie? Quelles sont ses ruses et comment pouvons-nous y parer? C'est ce que je me propose d'examiner.

La Mouche bleue fréquente nos demeures l'automne et une partie de l'hiver jusqu'à ce que les froids deviennent rigoureux; mais son apparition dans les champs remonte bien plus haut. Dès les premières belles journées de février, on la voit se réchauffer, toute frileuse, contre les murs ensoleillés. En avril, je l'observe, assez nombreuse, sur les fleurs du laurier-tin. Apparemment c'est là que se fait la pariade, tout en sirotant les exsudations sucrées des petites fleurs blanches. Toute la belle saison se passe au dehors, en courtes volées d'une buvette à l'autre. Quand viennent l'automne et son gibier, elle pénètre chez nous et ne nous quitte qu'aux fortes gelées.

Voilà bien ce qu'il faut à mes habitudes casanières, et surtout à mes jambes fléchissant sous le poids des années. Je n'ai pas à courir après mes sujets d'étude; ils viennent me trouver. J'ai d'ailleurs des aides vigilants. La maisonnée est avertie de mes projets. Chacun m'apporte, dans un petit cornet de papier, la turbulente visiteuse, capturée à l'instant contre les vitres.

Ainsi se peuple ma volière, consistant en une grande cloche en toile métallique, qui repose dans une terrine pleine de sable. Un godet contenant du miel est le réfectoire de l'établissement. Là viennent se sustenter les captives aux heures de loisir. Pour occuper leurs soins maternels, je fais emploi d'oisillons, Pinsons, Linottes, Moineaux que me vaut, dans l'enclos, le fusil de mon fils.

Je viens de servir une Linotte tuée l'avant-veille. Alors est introduite sous la cloche une Mouche bleue, une seule, pour éviter la confusion. Son ventre replet annonce une prochaine ponte. En effet, une heure après, les émotions de l'internement apaisées, la captive est en travail de gésine. D'un pas âpre et saccadé, elle explore le petit gibier, va de la tête à la queue, revient de la queue à la tête, plusieurs fois recommence, enfin se fixe au voisinage d'un œil, tout fané, retiré dans son orbite.

L'oviducte se coude à angle droit et plonge dans la commissure du bec, tout à la base. Alors, près d'une demi-heure, c'est l'émission des œufs. Immobile, impassible, tant elle est absorbée dans ses graves affaires, la pondeuse se laisse observer au foyer de ma loupe. Un mouvement de ma part l'effaroucherait, ma tranquille présence ne lui donne inquiétude. Je ne suis rien pour elle.

L'émission n'est pas continue jusqu'à épuisement des ovaires ; elle est intermittente et se fait par paquets. A diverses reprises, la Mouche quitte le bec de l'oiseau et

vient se reposer sur le treillis, en se brossant l'une contre l'autre les pattes postérieures. Avant de s'en servir de nouveau, elle nettoie surtout, elle lisse et polit son outil, la sonde conductrice des germes. Puis, se sentant les flancs encore riches, elle revient au même point de la commissure du bec. La ponte reprend, pour cesser tout à l'heure et de nouveau recommencer. Une paire d'heures se passent en ces alternances de station au voisinage de l'œil et de repos sur le treillis.

Enfin c'est fini. La Mouche ne revient plus sur l'oiseau, preuve de l'épuisement des ovaires. Le lendemain elle est morte. Les œufs sont plaqués en couche continue, à l'entrée du gosier, à la base de la langue, sur le voile du palais. Leur nombre paraît considérable; toute la partie gutturale en est blanchie. J'engage un petit pilier de bois entre les deux mandibules pour les maintenir ouvertes et me permettre de voir ce qui se passera.

J'apprends ainsi que l'éclosion se fait en une paire de jours. Aussitôt née, la jeune vermine, amas grouillant, abandonne les lieux et disparaît dans la profondeur du gosier. S'informer davantage du travail est pour le moment inutile. Nous l'apprendrons plus tard en des conditions d'examen plus aisé.

Le bec de l'oiseau envahi était clos au début, autant que le comporte le rapprochement non forcé des mandibules. A la base restait une étroite rainure, suffisante au plus au passage d'un crin. C'est par là que s'est effectuée la ponte. Étirant son oviducte en tube de lorgnette, la pondeuse a insinué dans le détroit la pointe de son outil, pointe légèrement durcie d'une armure de corne. La finesse de la pointe est en rapport avec la finesse de l'entrée. Mais si le bec était rigoureusement clos, en quel point se ferait le dépôt des œufs?

Avec un fil noué, je maintiens les deux mandibules strictement rapprochées, et je mets une seconde

Mouche bleue en présence de la Linotte déjà peuplée par la voie du bec. Cette fois la ponte se fait sur un œil, entre la paupière et le globe oculaire. A l'éclosion, encore une paire de jours après, les vermisseaux pénètrent dans les profondeurs charnues de l'orbite. Les yeux et le bec, voilà donc les deux principales voies d'accès dans le gibier à plumes.

Il y en a d'autres. Ce sont les blessures. Je coiffe une Linotte d'un capuchon de papier qui empêchera l'invasion par le bec et les yeux. Je la sers, sous la cloche, à une troisième pondeuse. Un plomb a atteint l'oiseau à la poitrine, mais la plaie n'est pas saignante, aucune souillure n'indique au dehors le point meurtri. J'ai du reste soin de remettre en ordre le plumage, de le lisser avec un pinceau, de sorte que la pièce, très correcte d'aspect, a toutes les apparences de se trouver intacte.

La Mouche est bientôt là. Elle inspecte attentivement l'oiseau d'un bout à l'autre; de ses tarses antérieurs elle tapote la poitrine et le ventre. C'est une sorte d'auscultation par le toucher. A la manière dont réagit le plumage, l'insecte reconnaît ce qu'il y a dessous. Si l'odorat vient en aide, ce ne peut être que dans une faible mesure, car le gibier n'a pas encore l'odeur du faisandé. Rapidement la blessure est trouvée. Aucune goutte de sang ne l'accompagne, fermée qu'elle est par un tampon de duvet que le plomb a refoulé. Sans la mettre à découvert en écartant le plumage, la Mouche s'y installe. Là, immobile et le ventre disparu sous les plumes, d'une paire d'heures elle ne bouge. Mes assiduités de curieux ne la détournent en rien de ses affaires.

Quand elle a fini, je la remplace. Rien, ni sur l'épiderme, ni dans l'embouchure de la plaie. Je dois retirer le tampon de duvet et fouiller à quelque profondeur pour mettre à nu la ponte. Allongeant son tube extensible, l'oviducte a donc pénétré avant, au delà du bouchon de

plumes refoulé par le projectile. Les œufs sont en un seul paquet; leur nombre est de trois cents environ.

Si le bec et les yeux sont rendus inaccessibles, si de plus la pièce est sans blessures, la ponte se fait aussi, mais cette fois hésitante et parcimonieuse. Je plume complètement l'oiseau pour mieux me rendre compte des faits; en outre, je le coiffe d'un capuchon de papier qui défendra les habituels accès. Longtemps, à pas saccadés, la pondeuse en tout sens explore le morceau; de préférence elle stationne sur la tête qu'elle ausculte en la tapotant des tarses antérieurs. Elle sait qu'il y a là les pertuis nécessaires à ses desseins; elle sait non moins bien la débilité de ses vermisseaux, incapables de trouer et de franchir l'étrange obstacle qui l'arrête elle-même et empêche le jeu de l'oviducte. La cagoule de papier lui inspire profonde méfiance. Malgré l'appât tentateur de la tête voilée, aucun œuf n'est déposé sur l'enveloppe, si mince soit-elle.

Lasse de vaines tentatives pour contourner cet obstacle, la Mouche se décide enfin pour d'autres points, mais non sur la poitrine, le ventre, le dos, où l'épiderme est trop coriace, paraît-il, et la lumière trop importune. Il lui faut des cachettes ténébreuses, des recoins où la peau soit de grande finesse. Les endroits adoptés sont le creux de l'aisselle et la base de la cuisse en contact avec le ventre. De part et d'autre, des œufs sont déposés, mais peu nombreux et démontrant que l'aine et l'aisselle ne sont adoptées qu'avec répugnance et faute d'un meilleur emplacement.

Avec un oiseau non plumé et toujours encapuchonné, la même expérience ne m'a pas réussi; le plumage empêche la Mouche de se glisser en ces lieux profonds. Disons enfin que sur un oiseau écorché, ou tout simplement sur un morceau de viande de boucherie, la ponte se fait en un point quelconque, pourvu qu'il soit obscur. Les plus ténébreux sont les préférés.

De ces divers faits, il résulte que, pour le dépôt de ses œufs, la Mouche bleue recherche tantôt les plaies où les chairs sont à nu, tantôt les muqueuses buccales ou oculaires, non protégées par un épiderme de quelque résistance. Il lui faut aussi l'obscurité. Nous verrons plus loin des motifs de ces prédilections.

La parfaite efficacité du capuchon de papier, empêchant l'invasion des vers par les voies des orbites et du bec, m'engage à tenter semblable méthode sur l'oiseau en son entier. Il s'agit d'envelopper la pièce d'une sorte d'épiderme artificiel qui dissuade la pondeuse de son entreprise comme le fait l'épiderme naturel. Des Linottes, les unes atteintes de blessures profondes, les autres presque intactes, sont introduites isolément dans des sachets de papier pareils à ceux que le jardinier-fleuriste, en vue de conserver ses graines, obtient sans encollage au moyen de quelques plis. Le papier est très ordinaire et de médiocre consistance. Des fragments d'un vulgaire journal suffisent.

Ces fourreaux à cadavres sont abandonnés à l'air libre sur la table de mon cabinet, où les visitent, suivant l'heure du jour, l'ombre opaque et le vif soleil. Attirées par les émanations de mes charcuteries, les Mouches bleues fréquentent mon laboratoire, dont les fenêtres restent toujours ouvertes. Journellement j'en vois qui se posent sur les sachets et très affairées les explorent, renseignées par l'odeur de faisandé. A leurs incessantes allées et venues, se reconnaît ardente convoitise, et cependant nulle d'elles ne se décide à pondre. Elles n'essaient pas même d'insinuer l'oviducte dans les rainures des plis. La saison favorable se passe et rien n'est déposé sur les sachets tentateurs. Toutes les mères s'abstiennent, jugeant infranchissable pour la vermine le mince obstacle du papier.

Cette circonspection du diptère n'a rien qui me surprenne : la maternité a partout des éclaircies de

grande lucidité. Ce qui m'étonne, c'est le résultat que voici. Les sachets à Linottes passent l'année entière à découvert sur la table; ils y passent une seconde année, une troisième. De temps à autre j'en visite le contenu. Les oisillons sont intacts, très corrects de plumage, inodores, arides et légers ainsi que des momies. Ils ne se sont pas décomposés, ils se sont momifiés.

Je m'attendais à les voir tomber en pourriture et diffluer en sanie comme nous le montrent les cadavres laissés à l'air libre. Au contraire, sans autre altération, les pièces se sont desséchées et durcies. Que leur a-t-il manqué pour se résoudre en putrilage? Tout simplement l'intervention du diptère. L'asticot est donc la cause primordiale de la dissolution cadavérique; il est, par excellence, le chimiste putréfacteur.

Une conséquence d'intérêt non négligeable est à tirer de mes bourriches en papier. Dans nos marchés, ceux du Midi surtout, le gibier est appendu sans protection aux crocs de l'étalage. Alouettes assemblées par douzaines avec un fil passé dans les narines, Grives et Tourdes, Pluviers et Vanneaux, Sarcelles, Perdreaux et Bécasses, enfin toutes ces gloires de la broche que nous amène la migration d'automne, restent des jours et des semaines exposées aux injures du diptère. L'acheteur se laisse tenter par d'irréprochables apparences; il fait emplette, et de retour chez lui, au moment des apprêts culinaires, il s'aperçoit que l'asticot travaille la pièce dont il se promettait délicieux rôti. Horreur! il faut jeter l'odieux foyer de vermine.

La Mouche bleue est ici la coupable; chacun le sait et personne ne songe à sérieusement s'en affranchir, ni le marchand en détail, ni l'expéditeur en gros, ni le chasseur. Que faudrait-il pour empêcher l'invasion des vers? Presque rien : glisser chaque pièce dans un fourreau de papier. Si cette précaution est prise au début, avant l'arrivée du diptère, tout gibier est inat-

taquable et peut indéfiniment attendre le degré de maturité exigé des gourmets.

Bourrés d'olives et de baies de myrte, les Merles de la Corse sont un manger exquis. Il nous en arrive parfois à Orange, stratifiés dans des corbeilles où l'air aisément circule et contenus chacun dans un sachet de papier. Ils sont dans un état de parfaite conservation, conforme aux scrupuleuses exigences de la cuisine. Je félicite l'expéditeur anonyme à qui l'idée lumineuse est venue d'habiller de papier ses Merles. Son exemple aura-t-il des imitateurs? J'en doute.

Un grave reproche peut s'adresser à ce moyen de préservation. Dans son suaire de papier, l'objet est invisible, il ne fait pas montre alléchante; il n'avertit pas le passant de sa nature et de ses qualités. Une ressource reste, qui laisserait la pièce à découvert, c'est de coiffer tout simplement l'oiseau d'un bonnet de papier. La tête étant la partie la plus menacée à cause des muqueuses de la gorge et des yeux, il suffirait en général de la protéger pour arrêter le diptère et couper court à ses entreprises.

Continuons d'interroger la Mouche bleue en variant les moyens d'information. Une boîte en fer-blanc, d'un décimètre de hauteur environ, contient un morceau de viande de boucherie. Le couvercle obliquement disposé laisse, en un point de son pourtour, une étroite fissure où pourrait au plus s'engager une fine aiguille. Lorsque l'appât commence à répandre un fumet de faisandé, les pondeuses arrivent, isolées ou plusieurs à la fois. Elles sont attirées par l'odeur qui, propagée à travers une subtile fente, affecte à peine mon odorat. Quelque temps elles explorent le récipient métallique, cherchent une voie d'entrée. Ne trouvant rien qui leur permette d'atteindre le morceau convoité, elles se décident à pondre sur le fer-blanc, tout à côté de la fissure. Parfois, lorsque l'étroitesse du passage le per-

met, elles insinuent l'oviducte dans la boîte et pondent à l'intérieur, sur les lèvres mêmes de la fente. Au dedans aussi bien qu'au dehors, les œufs sont plaqués en couche assez régulière d'arrangement et très nette de blancheur. C'est là que je puise comme à la pelle, c'est-à-dire avec une petite spatule de papier. Sans trace aucune des souillures inévitables si la récolte se faisait sur des viandes gâtées, j'obtiens ainsi, pour mes recherches, des germes en tel nombre que je veux.

Nous venons de voir la Mouche bleue refuser de pondre sur le sachet de papier malgré les effluves cadavériques de la Linotte incluse; maintenant, sans hésitation, elle dépose ses œufs sur une lame métallique. La nature du support serait-elle pour quelque chose en l'affaire? Je remplace le couvercle en fer-blanc de la boîte par un rideau de papier tendu et collé sur l'orifice. De la pointe du canif, j'ouvre à travers ce nouvel opercule une étroite fissure linéaire. Cela suffit : la pondeuse accepte le papier.

Ce qui la décide ce n'est donc pas simplement l'odeur, bien appréciable même à travers le papier non fendu, c'est, avant tout, la fissure qui rendra possible l'entrée de la vermine, éclose au dehors, à proximité de l'étroit passage. La mère des asticots a sa logique, ses judicieuses prévisions. Elle sait d'avance la débilité de ses vermisseaux, incapables de s'ouvrir une voie à travers un obstacle de quelque résistance; aussi, malgré la tentation de l'odeur, se garde-t-elle de pondre tant qu'elle n'a pas reconnu une entrée où puissent d'eux-mêmes s'insinuer les nouveau-nés.

Je tenais à savoir si la coloration, l'éclat, le degré de dureté et autres qualités de l'obstacle auraient une influence sur les décisions de la mère obligée de pondre dans des conditions exceptionnelles. Dans ce but, j'ai fait emploi de petits bocaux, amorcés chacun d'un morceau de viande de boucherie.

L'opercule consistait soit en papier de coloration diverse, soit en toile cirée, soit en ces feuilles d'étain qui, parées des rutilances de l'or et du cuivre, servent au liquoriste pour coiffer les bouteilles.

Sur aucun de ces couvercles, les pondeuses n'ont stationné, désireuses d'y plaquer leurs œufs; mais du moment que le canif les avait éventrés d'une légère fente, tous, qui plus tôt, qui plus tard, sont visités et reçoivent le blanc semis au voisinage de l'ouverture. L'aspect de l'obstacle n'est donc ici pour rien; l'obscur et le brillant, le mat et le coloré, sont détails d'importance nulle; l'essentiel est un passage qui permette aux vermisseaux d'entrer.

Éclos au dehors, à distance de la pièce convoitée, les nouveau-nés savent très bien trouver leur réfectoire. A mesure qu'ils se libèrent de l'œuf, sans hésitation aucune, tant leur flair est précis, ils se glissent sous le rebord du couvercle incomplètement joint, ou bien dans le défilé que le canif a ménagé. Les voici rentrés dans leur terre promise, leur infect paradis.

Impatients d'arriver, se laissent-ils tomber du haut de la muraille? Nullement. D'une douce reptation, ils s'acheminent sur la paroi du bocal; ils font béquille et grapin de leur avant pointu, toujours en quête d'information. Ils atteignent le morceau, aussitôt s'y installent.

Continuons notre enquête en changeant les dispositifs. Une large éprouvette, mesurant au delà d'un empan de hauteur, est amorcée, tout au fond, d'un morceau de viande de boucherie. Elle est fermée d'une toile métallique dont les mailles, de deux millimètres environ de côté, ne peuvent donner passage au diptère. La Mouche bleue vient à mon appareil. L'odorat est son guide, bien mieux que la vue. Elle accourt à l'éprouvette voilée d'un étui opaque avec la même ferveur qu'à l'éprouvette laissée nue. L'invisible l'attire autant que le visible.

Elle stationne sur le treillis de l'embouchure, attentivement l'inspecte; mais soit que les circonstances ne m'aient pas bien servi, soit que le réseau des fils métalliques lui inspire méfiance, je ne l'ai jamais vue y plaquer ses œufs d'une façon bien évidente. Son témoignage me restant douteux, j'ai recours à la Mouche grise *(Sarcophaga carnaria)*.

Celle-ci, peu méticuleuse en ses préparatifs, confiante d'ailleurs dans la robustesse de ses vers, qui naissent tout formés et déjà vigoureux, me montre aisément ce que je désire voir. Elle explore les treillis, choisit une maille où elle introduit le bout du ventre, et coup sur coup, non troublée par ma présence, elle émet un certain nombre de vermisseaux, une dizaine plus ou moins. Il est vrai que ses visites se multiplieront, augmentant la famille dans une proportion qui m'est inconnue.

Les nouveau-nés adhèrent un moment à la toile métallique par suite d'une légère viscosité; ils grouillent, se déménent, se dégagent et se précipitent dans le gouffre. La chute est d'un empan et davantage. Cela fait, la mère décampe, certaine que ses fils se tireront d'affaire tout seuls. S'ils tombent sur la viande, c'est parfait; s'ils tombent ailleurs, ils sauront, en rampant, atteindre le morceau.

Cette confiance dans l'inconnu du précipice, avec le seul renseignement de l'odeur, mérite plus ample examen. De quelle hauteur la Mouche grise osera-t-elle laisser choir ses fils? Je surmonte l'éprouvette d'un tube du calibre d'un col de bouteille. L'embouchure est fermée soit avec une toile métallique, soit avec un opercule de papier que le canif a fendu d'une étroite fissure. En totalité, l'appareil mesure 65 centimètres d'élévation. N'importe : la chute est sans gravité pour la souple échine des jeunes vers, et l'éprouvette se peuple en quelques jours de larves où il est facile de reconnaître la famille de la Mouche grise d'après le diadème frangé

qui, à l'arrière de l'asticot, s'ouvre et se referme ainsi que les pétales d'une fleurette. Je n'ai pas vu la mère opérant, je n'étais pas là au moment requis; mais aucun doute n'est possible sur sa venue et sur le grand plongeon de la famille; le contenu de l'éprouvette m'en fournit l'authentique certificat.

J'admire la culbute et pour en obtenir de mieux probantes, je remplace le tube par un second, de façon que l'appareil a maintenant 12 décimètres d'élévation. La colonne est dressée en un point fréquenté du diptère, dans un éclairage discret; son embouchure garnie d'une toile métallique arrive au niveau de divers autres appareils, éprouvettes et bocaux, déjà peuplés ou attendant leur population de vermine. Lorsque l'emplacement est bien connu des mouches, je laisse la colonne seule, crainte de détourner les visiteuses par des exploitations plus faciles.

De temps à autre la Bleue et la Grise se posent sur le treillis, s'informent un moment, puis décampent. Toute la bonne saison, trois mois durant, l'appareil reste en place sans résultat aucun; de vers, il n'y en a jamais. Pour quel motif? L'infection de la viande ne se propagerait-elle pas, venue de cette profondeur? Mais si, elle se propage; mon odorat émoussé le constate, celui de mes enfants appelés en témoignage, le constate encore mieux.

Alors pourquoi la Mouche grise, qui tantôt laissait choir ses vers d'une belle hauteur, se refuse-t-elle à les précipiter du haut d'une colonne d'élévation double? Craindrait-elle pour ses vers les meurtrissures d'une chute exagérée? Rien ne dénote chez elle des inquiétudes éveillées par la longueur du canal. Je ne la vois jamais explorer le tube, en arpenter la dimension. Elle stationne sur l'orifice treillissé et tout se borne là. Serait-elle avertie de la profondeur du gouffre par l'affaiblissement des puanteurs qui en remontent?

L'odorat mesurerait-il la distance, acceptable ou non? Peut-être bien.

Toujours est-il que malgré l'appât de l'odeur, la Mouche grise n'expose pas ses vers à des plongeons exagérés. Saurait-elle d'avance que, lors de la rupture des pupes, sa famille ailée, heurtant d'un essor brusque les parois d'une longue cheminée, ne parviendrait pas à sortir? Pareille prévision est conforme aux règles qui disposent les instincts maternels d'après les exigences de l'avenir.

Mais si la chute n'excède pas certaine mesure, les vers naissants de la Mouche grise sont bel et bien précipités; ainsi l'affirment toutes mes expériences. Cette donnée nous conduit à une application de quelque valeur en économie domestique. Il est bon que les merveilles de l'entomologie nous amènent parfois aux trivialités de l'utile.

L'habituel garde-manger est une sorte de grande cage dont les quatre faces latérales sont en toile métallique et les deux autres en menuiserie. Des crocs fixés à la paroi d'en haut servent à suspendre les pièces qu'il faut garantir des mouches. Pour occuper du mieux l'espace disponible, souvent ces pièces sont simplement disposées sur le plancher de la cage. Avec ces dispositifs est-on bien assuré d'éviter le diptère et sa vermine? Nullement.

On se garantira peut-être de la Mouche bleue, médiocrement disposée à pondre sur un treillis à distance des viandes, mais il restera la Mouche grise qui, plus entreprenante et plus prompte en affaires, introduira ses vers par le pertuis d'une maille et les laissera choir à l'intérieur du garde-manger. Agiles et bien doués en moyens de reptation, les précipités gagneront aisément ce qui repose sur le plancher; seules seront hors de leurs atteintes les pièces suspendues. Il n'entre pas dans les mœurs des vers de la viande d'explorer les hauteurs, surtout par la voie d'un cordon.

On fait usage aussi de cloches en toile métallique. Encore moins bien que le garde-manger, le dôme en treillis protège ce qu'il recouvre. La Mouche grise n'en tient compte. A travers les mailles, elle peut laisser tomber ses vers sur le morceau convoité.

Que faire alors? Rien de plus simple. Il suffit d'enclore, une par une, dans des enveloppes de papier, les pièces à préserver, Grives, Tourdes, Perdrix, Bécasses et autres. Mêmes soins à l'égard des viandes de boucherie. Avec cette seule armure défensive, qui laisse à l'air circulation suffisante, toute invasion des vers est impossible, même sans cloche et sans garde-manger, non que le papier ait des vertus préservatrices spéciales, mais uniquement parce qu'il forme barrière impénétrable. La Mouche bleue se garde bien d'y pondre et la Mouche grise d'y enfanter, sachant l'une et l'autre leurs vermisseaux naissants incapables de traverser cet obstacle.

Même succès du papier dans la lutte contre les Teignes, fléau des lainages et des pelleteries. Pour éloigner ces tondeuses de draps, ces épileuses de fourrures, on fait généralement usage de camphre, de naphtaline, de tabac, de bouquets de lavande et autres aromates d'odeur forte. Sans vouloir médire de ces préservatifs, il faut reconnaître que le moyen employé est de très médiocre efficacité. Les émanations odorantes n'arrêtent guère les ravages des Teignes.

Je conseillerai donc aux ménagères de remplacer toute cette droguerie par des journaux de format convenable. La pièce à protéger, fourrure, flanelle, vêtement de drap, etc., est soigneusement pliée dans un journal dont on assemble les bords par un pli double, bien épinglé. Si l'assemblage est rigoureux, jamais les Teignes ne pénétreront sous l'enveloppe. Depuis que, sur mes conseils, il est fait emploi de cette méthode dans mon ménage, les dégâts d'autrefois ne se renouvellent plus.

Revenons au diptère. Au fond d'un bocal, un morceau de viande est dissimulé sous une couche de sable fin et sec d'un travers de doigt d'épaisseur. L'appareil, librement ouvert, est à large goulot. Attiré par l'odeur, viendra qui voudra sans entrave.

Les Mouches bleues ne tardent pas à visiter ma préparation; elles pénètrent dans le bocal, sortent et rentrent, s'informent de la chose invisible décelée par son fumet. Une surveillance assidue me les montre affairées, explorant la nappe sablonneuse, la piétinant à petits coups de tarses, l'interrogeant de la trompe. Deux à trois semaines, je laisse faire les visiteuses. Aucune ne dépose des œufs.

C'est la répétition de ce que m'a montré le sachet de papier contenant un oiseau mort. Les mouches se refusent à pondre sur le sable, apparemment pour les mêmes motifs. Le papier était jugé obstacle que ne pourrait franchir la débile vermine. Avec le sable c'est pire. Ses rudesses blesseraient les tendres nouveau-nés, son aridité tarirait la moiteur indispensable à leurs mouvements. Plus tard, au moment des préparatifs de la métamorphose, les forces étant venues, les vers piocheront très bien la terre et sauront y descendre; mais au début, ce serait pour eux grave péril. Au courant de ces difficultés, les mères, si tentées qu'elles soient par l'odeur, s'abstiennent de produire. Et en effet, après une longue attente, crainte que des paquets d'œufs n'aient échappé à mon attention, je visite de fond en comble le contenu du bocal. Viande et sable ne contiennent ni larves, ni pupes, tout est absolument désert.

La couche de sable étant d'un travers de doigt d'épaisseur, cette expérience demande certaines précautions. Il peut se faire que, se gonflant un peu, la viande gâtée émerge en quelques points. Si petits que soient les îlots charnus visibles, les mouches y viennent et peuplent. Parfois encore les exsudations du morceau

corrompu imbibent une petite étendue de la nappe sablonneuse. Cela suffit au premier établissement des vers. Ces causes d'insuccès s'évitent avec une couche de sable d'environ un pouce d'épaisseur. Alors Mouche bleue, Mouche grise et autres diptères exploiteurs des cadavres sont très bien tenus à l'écart.

En vue de nous édifier sur notre néant, les orateurs de la chaire ont parfois abusé du ver de la tombe. N'accordons créance à leur lugubre rhétorique. La chimie de la dissolution finale parle assez éloquemment de nos misères sans qu'il soit nécessaire d'y adjoindre d'imaginaires horreurs. Le ver du sépulcre est invention d'esprits moroses, incapables de voir les choses telles qu'elles sont. Sous quelques pouces de terre seulement, les trépassés peuvent dormir leur tranquille sommeil; jamais le diptère n'y viendra les exploiter.

A la surface du sol, en plein air, oui, l'affreuse invasion est possible; elle est même la règle absolue. Dans la remise en fusion de la matière pour d'autres ouvrages, cadavre pour cadavre, l'homme ne vaut pas mieux que la dernière des brutes. Alors le diptère use de ses droits; il nous traite comme il le fait à l'égard d'une vulgaire loque animale. Dans ses ateliers de rénovation, la Nature est pour nous d'une superbe indifférence; au fond de ses creusets, bêtes et gens, gueux et monarques sont absolument même chose. Voilà vraiment l'égalité, la seule de ce monde, l'égalité devant l'asticot.

Ecloses dans l'intervalle de deux jours en saison chaude, soit à l'intérieur de mes appareils et directement sur le morceau de viande, soit à l'extérieur au bord d'une fissure qui permet l'entrée, les larves de la Mouche bleue se mettent aussitôt à l'ouvrage. Elles ne mangent pas au sens rigoureux du mot, c'est-à-dire qu'elles ne divisent leur nourriture, ne la triturent pas au moyen d'outils masticatoires. Leurs pièces buccales

ne se prêtent pas à ce genre de travail. Ce sont deux bâtonnets cornés, glissant l'un contre l'autre et non apposables par leur extrémité crochue, disposition qui exclut tout office apte à saisir et à broyer.

Les deux grapins gutturaux servent à la marche bien mieux qu'à la nutrition. Le ver les implante tour à tour sur la voie parcourue, et d'une contraction de croupe progresse d'autant. Il a dans son gosier tubulaire l'équivalent de nos bâtons ferrés qui fournissent l'appui et permettent l'élan.

A la faveur de cette mécanique buccale, l'asticot non seulement chemine à la surface, mais encore pénètre aisément dans la viande; je l'y vois disparaître comme s'il plongeait dans du beurre. Il y fait sa trouée, mais sans prélever sur son passage autre chose que des gorgées fluides. La moindre parcelle solide n'est détachée et déglutie. Ce n'est pas là son régime. Il lui faut un brouet, un consommé, une sorte d'extrait Liebig coulant qu'il prépare lui-même. Puisque digérer n'est en somme que liquéfier, on peut dire, sans paradoxe, que le ver de la Mouche bleue digère sa nourriture avant de l'avaler.

En vue de soulager nos défaillances estomacales, les préparateurs de produits pharmaceutiques râclent l'estomac du porc et celui du mouton; ils obtiennent ainsi la *pepsine*, agent digestif qui a la propriété de liquéfier les matières albuminoïdes, la chair musculaire en particulier. Que ne peuvent-ils gratter l'estomac de l'asticot! Ils obtiendraient un produit de qualité supérieure, car le ver carnivore possède lui aussi sa pepsine, de singulière activité. Les expériences suivantes l'établissent.

Du blanc d'œuf cuit à l'eau bouillante est divisé en cubes menus, que j'introduis dans une petite éprouvette. A la surface du contenu, je sème les œufs de la Mouche bleue, œufs sans la moindre souillure, tels que me les

fournissent les pontes faites à l'extérieur des boîtes en fer blanc, amorcées de viande et non parfaitement closes. Une éprouvette pareille reçoit le blanc d'œuf cuit mais non peuplé de germes. Fermées d'un tampon de coton, les deux préparations sont abandonnées côte à côte dans un recoin obscur.

En quelques jours, le tube où grouille la vermine, nouvellement née, contient un liquide fluide et transparent comme de l'eau. Il n'y resterait rien si je le renversais. Tout le blanc d'œuf a disparu, liquéfié. Quant aux vers, déjà grandelets, ils paraissent fort mal à leur aise. Sans appui pour atteindre l'air respirable, la plupart plongent dans le bouillon, leur ouvrage; ils y périssent noyés. D'autres, plus vigoureux, rampent sur le verre jusqu'au tampon d'ouate qu'ils parviennent à traverser. Leur avant pointu, armé de grapins, est le clou qui s'enfonce dans la masse filandreuse.

Dans la seconde éprouvette qui, disposée à côté de l'autre, a subi les mêmes influences atmosphériques, rien de saillant n'est survenu. Le blanc d'œuf cuit y conserve sa blancheur mate et sa fermeté. Tel je l'avais mis, tel je le retrouve. Tout au plus s'y constatent des traces de moisissure. La conséquence de cet essai primordial est de pleine évidence : l'intervention du ver de la Mouche bleue convertit en liquide l'albumine cuite.

On titre la valeur de la pepsine pharmaceutique d'après la quantité de blanc d'œuf cuit qu'un gramme de cet agent peut liquéfier. Le mélange doit être exposé dans une étuve à la température de 60 degrés, et en outre fréquemment agité. Ma préparation où éclosent les œufs de la Mouche bleue n'est ni secouée ni soumise à la chaleur d'une étuve ; tout s'y passe en repos et dans les conditions thermométriques de l'air ambiant; néanmoins, en peu de jours, l'albumine cuite, travaillée par la vermine, devient coulante comme de l'eau.

Le réactif, cause de cette liquéfaction, échappe à mon examen. Les vers doivent le dégorger par doses infinitésimales tandis que leurs bâtonnets gutturaux, en mouvement continuel, émergent un peu de la bouche, rentrent, reparaissent. Ces coups de piston, ces sortes de baiser s'accompagnent de l'émission du dissolvant; du moins je me le figure ainsi. L'asticot crache sur sa nourriture, il y dépose de quoi la convertir en bouillon. Évaluer en quantité cette expectoration n'est pas dans mes moyens; je constate le résultat, je n'aperçois pas l'agent provocateur.

Or, ce résultat est en vérité stupéfiant si l'on considère l'exiguïté des moyens. Nulle pepsine, venue du porc et du mouton, ne peut rivaliser avec celle du ver. Je possède un flacon de pepsine venu de l'École de Pharmacie de Montpellier. Avec la savante drogue, je poudre copieusement des morceaux de blanc d'œuf cuit, comme je le fais avec la ponte de la Mouche bleue. Nulle intervention de l'étuve, nulle addition d'eau distillée ni d'acide chlorhydrique, adjuvants recommandés. L'expérience est conduite exactement de la même façon que celle des tubes à vermine.

Le résultat n'est pas du tout ce que j'attendais. Le blanc d'œuf ne se liquéfie pas. Il s'humecte simplement à la surface, et encore cette humidité peut-elle provenir de la pepsine, qui est très hygrométrique. Oui, j'avais raison de le dire : si la chose était praticable, il serait avantageux pour la pharmaceutique de cueillir sa drogue digestive dans l'estomac de l'asticot. Le ver l'emporte ici sur le porc et le mouton.

En ce qui me reste à dire, la même méthode est suivie. Sur le morceau expérimenté, je mets éclore la ponte de la Mouche bleue, et je laisse les vers travailler à leur guise. La chair musculaire, venue du mouton, du bœuf, du porc indifféremment, ne se convertit pas en liquide; elle devient une purée coulante d'un brun vineux. Le foie, le poumon, la rate sont

mieux attaqués sans toutefois dépasser l'état de marmelade demi-fluide, qui se délaie très bien dans l'eau et paraît même s'y dissoudre. La matière cérébrale ne se liquéfie pas non plus, elle se résout simplement en fine purée.

D'autre part, les matières grasses, suif de bœuf, lard frais, beurre, n'éprouvent pas d'altération appréciable. De plus, les vers rapidement dépérissent, incapables de grossir un peu. De pareils aliments ne leur conviennent pas. Pour quels motifs? Apparemment parce qu'ils ne sont pas liquéfiables au moyen du réactif dégorgé par les vers. De même la pepsine ordinaire n'attaque pas les matières grasses; il faut la pancréatine pour les émulsionner. Ce curieux rapprochement de propriétés, positives avec les matières albuminoïdes, négatives avec les matières grasses, affirme l'analogie et peut-être l'identité du dissolvant expectoré par les vers et de la pepsine des animaux supérieurs.

Une autre preuve est celle-ci. La pepsine classique ne dissout pas l'épiderme, matière de nature cornée. Celle des vers du diptère ne la dissout pas non plus. Il m'est aisé d'élever des larves de la Mouche bleue avec des grillons morts dont j'ai ouvert le ventre. Je n'y parviens pas si la pièce est intacte; les asticots ne savent pas lui trouer la succulente panse, ils sont arrêtés par l'épiderme contre lequel leur réactif est sans action. Ou bien encore je sers des cuissots de grenouille dépouillés de la peau. La chair du batracien devient bouillon et disparaît jusqu'à l'os. Si je ne les dénude pas, ils restent intacts au milieu de la vermine. Leur fine peau suffit à les protéger.

Cette inaction sur l'épiderme nous explique pourquoi la Mouche bleue se refuse à pondre sur un point quelconque de la bête exploitée. Il lui faut les délicates muqueuses des narines, des yeux, du gosier, ou bien des plaies où la chair est à nu. Nul autre emplacement ne lui convient, fût-il excellent sous le rapport du

fumet et de l'ombre. Tout au plus, ne trouvant pas mieux lorsque mes artifices s'en mêlent, se décide-t-elle à plaquer quelques œufs sous l'aisselle d'un oisillon plumé ou bien à l'aine, points où l'épiderme est de finesse exceptionnelle.

En sa prescience maternelle, la Mouche bleue connaît à merveille les surfaces d'élection, les seules aptes à se ramollir, à diffluer par l'attaque du réactif que baveront les nouveau-nés. La chimie de l'avenir lui est familière quoique sans usage pour sa propre réfection; la maternité, haute inspiratrice des instincts, lui en donne leçon.

Si scrupuleuse qu'elle soit dans le choix des points où doivent se déposer les œufs, la Mouche bleue ne se préoccupe pas de la qualité des vivres destinés à sa famille. Tout cadavre lui est bon.

Redi, le savant italien qui, le premier, ruina l'antique et sotte idée des vers fils de la pourriture, alimentait la vermine de ses appareils avec de la chair d'origine très variée. Afin de rendre ses preuves plus concluantes, il exagérait les épreuves du réfectoire. Chair de tigre et de lion, d'ours et de léopard, de renard et de loup, de mouton et de bœuf, de cheval et d'âne et bien d'autres fournies par la riche ménagerie de Florence, variaient le régime imposé. Cette prodigalité n'était pas nécessaire; loup et mouton sont, au fond, même chose pour un estomac sans préjugés.

Lointain disciple de l'historien des asticots, je reprends le problème sous un aspect non soupçonné de Redi. Toute chair provenant d'un animal d'ordre supérieur convient à la famille du diptère; en sera-t-il de même si la pièce est d'organisation moins élevée ou consiste en charcuterie de poisson, par exemple, de batracien, de mollusque, d'insecte, de myriapode? Les vers accepteront-ils ces victuailles, et surtout parviendront-ils à les liquéfier, condition primordiale?

Je sers un morceau de Merlan cru. La chair est

blanche, fine, à demi translucide, de digestion aisée pour notre estomac et non moins bien pour le dissolvant du ver. Elle se résout en un fluide opalin, coulant comme de l'eau. A peu près ainsi se liquéfie le blanc d'œuf cuit. En pareil milieu conservant encore des îlots solides, les vers grossissent d'abord; puis, manquant d'appuis et menacés de noyade dans un bouillon trop fluide, ils rampent sur la paroi du verre, inquiets et désireux de s'en aller. Ils montent jusqu'au tampon d'ouate fermant l'éprouvette et s'efforcent de déguerpir à travers le coton. Doués d'une tenace persévérance, presque tous décampent malgré l'obstacle. L'éprouvette à blanc d'œuf m'avait montré pareil exode. Bien que les mets leur conviennent, comme en témoigne leur croissance, les vers cessent de s'alimenter et s'échappent lorsque la noyade est imminente.

Avec d'autres poissons, Raie et Sardine, avec les muscles de la Reinette et de la Grenouille, les chairs se résolvent simplement en purée. Des hachis de Limace, de Scolopendre, de Mante religieuse, fournissent les mêmes résultats. Dans toutes ces préparations, l'action dissolvante des vers s'affirme non moins bien que lorsqu'il est fait usage de viande de boucherie. De plus, les vers semblent satisfaits de l'étrange régime que ma curiosité leur impose; ils prospèrent au sein des victuailles; ils s'y transforment en pupes.

La conclusion est donc beaucoup plus générale que ne se figurait Redi. Toute chair, d'ordre supérieur ou d'ordre inférieur n'importe, convient à la Mouche bleue pour l'établissement de sa famille. Les cadavres de la bête à poils et de la bête à plumes sont les vivres préférés, probablement à cause de leur richesse permettant de copieuses pontes; mais à l'occasion les autres sont acceptés aussi, sans inconvénient. Toute loque ayant vécu de la vie animale rentre dans le domaine de ces défricheurs de la mort.

Quel est leur nombre pour une seule mère? J'ai déjà

parlé d'une ponte de trois cents, relevée œuf par œuf. Une circonstance bien fortuite me permet d'aller plus loin. Dans la première semaine de janvier 1905, il était survenu, brusque et de peu de durée, un froid bien exceptionnel pour ma région. Le thermomètre descendait à —12°. Au plus fort de la sauvage bise qui déjà mettait du roux sur le feuillage des oliviers, me fut apportée une Effraie ou Chouette des clochers, trouvée morte, gisant à terre, en plein air, non loin de ma demeure. Mon renom d'amateur de bêtes me valait ce présent qu'on croyait m'être agréable.

Il le fut, en effet, mais pour des motifs auxquels n'avait certes pas songé l'inventeur de la pièce. L'oiseau était intact, bien correct de plumage, sans la moindre blessure apparente. Peut-être était-il mort de froid. Ce qui me le fit accepter avec reconnaissance l'aurait fait précisément refuser de tout autre. Ses grands yeux, fanés par la mort, disparaissaient sous un épais amas d'œufs, où je reconnus la ponte de la Mouche bleue. D'autres amas pareils occupaient le voisinage des narines. Si je veux un semis d'asticots, en voilà certes un comme je n'en ai pas vu d'aussi riche.

Je dépose le cadavre sur le sable d'une terrine, je le couvre d'une cloche en toile métallique et je laisse les événements suivre leur cours. Le laboratoire où j'installe ma bête n'est autre que mon cabinet de travail. Il y fait, de peu s'en faut, aussi froid qu'au dehors, à tel point que l'eau de l'aquarium où j'élevais autrefois des larves de Phrygane s'est prise toute en un bloc de glace. En semblable condition de température, les yeux de la Chouette gardent, invariablement, leur blanc voile de germes. Rien ne bouge, rien ne grouille. Lassé d'attendre, je n'accorde plus attention au cadavre; je laisse à l'avenir de décider si le froid n'a pas exterminé la famille du diptère.

Dans le courant de mars, les paquets d'œufs ont disparu, j'ignore depuis combien de temps. L'oiseau

d'ailleurs semble intact. A la face ventrale, tournée en l'air, le plumage garde le correct arrangement et le frais coloris. Je soulève la pièce. C'est léger, très aride, sonnant le racorni ainsi qu'une vieille savate tannée aux champs par le soleil d'été. D'odeur, point. L'aridité a maîtrisé l'infection qui, du reste, n'a jamais été importune en cette glaciale période. Le dos, en contact avec le sable, est au contraire une odieuse ruine, en partie déplumée. Les pennes de la queue ont les canons à nu; quelques os se montrent, dénudés de muscles et blanchis. La peau est devenue un cuir noirâtre, percé de trous ronds pareils à ceux de la membrane d'un crible. C'est affreux de hideur, mais très instructif.

Le misérable Hibou, si délabré de l'échine, nous apprend d'abord qu'une température de 12° au-dessous de zéro ne compromet pas les germes de la Mouche bleue. Les vers sont nés sans encombre, malgré la rude bourrasque; ils ont copieusement festoyé d'extrait de viande; puis, devenus gros et gras, ils sont descendus en terre en perçant de trous ronds la peau de l'oiseau. Leurs pupes doivent maintenant se trouver dans le sable de la terrine.

Elles y sont effectivement, et si nombreuses que, pour les recueillir, je suis obligé de recourir au tamis. Jamais, me servant de pinces, je ne viendrais à bout de telle multitude par un simple triage. Le sable passe à travers les mailles du crible, les pupes restent en dessus. Les compter une à une excéderait ma patience. Je les mesure au boisseau, c'est-à-dire avec un dé à coudre dont je connais la contenance, évaluée en pupes. Le résultat de ma supputation n'est pas loin de neuf cents.

Cette famille provient-elle d'une seule mère ? Volontiers je l'admettrais, tant il est peu probable que la Mouche bleue, fort rare dans nos habitations pendant les rudesses de l'hiver, soit assez fréquente au dehors pour se grouper et vaquer en commun à ses affaires,

tandis que sévit une glaciale bourrasque. Une attardée, jouet de la bise, une seule, doit avoir déposé sur les yeux de la Chouette le faix pressant de ses ovaires. Cette ponte de neuf centaines, ponte incomplète peut-être, témoigne du haut rôle du diptère liquidateur de cadavres.

Avant de rejeter l'Effraie exploitée par les vers, surmontons notre répugnance et donnons un coup-d'œil à l'intérieur de l'oiseau. C'est une cavité anfractueuse, palissadée de ruines n'ayant plus de nom. Muscles et viscères ont disparu, convertis en purée et consommés à mesure par la population. De partout, à l'humide a succédé le sec, au boueux le solide.

En vain mes pinces fouillent coins et recoins, elles n'y rencontrent pas une seule pupe. Tous les vers ont émigré, absolument tous. Du premier au dernier, ils ont abandonné la cabine cadavérique, douce à leur délicat épiderme; ils ont quitté le velours pour les rudesses du sol. Le sec leur serait-il maintenant nécessaire ? Ils l'avaient au sein de la carcasse, aride, tarie à fond. Se précautionneraient-ils contre le froid et la pluie? Nul abri ne pourrait mieux leur convenir que l'épais édredon du plumage, conservé sans dommage aucun sur le ventre, la poitrine et tous les points non en contact avec la terre. Ils ont fui, semble-t-il, le bien-être pour un séjour moins clément. L'heure de la transformation venue, tous ont quitté le Hibou, gîte excellent, tous ont plongé dans le sable.

La sortie du tabernacle mortuaire s'est faite par les trous ronds dont la peau est percée. Ces trous sont l'ouvrage des vers, là-dessus aucun doute; cependant nous venons de voir les pondeuses refuser pour support de leurs œufs tout point où les chairs sont défendues par un épiderme de quelque résistance. Le motif en est le défaut d'action de la pepsine sur les matières épidermiques. Faute de liquéfaction en des points pareils, le brouet alimentaire y serait impossible.

D'autre part, les vermisseaux ne peuvent pas, ou tout au moins ne savent pas, à l'aide de leur double harpon guttural, piocher l'enveloppe, la déchirer et parvenir à la franchir. A ces nouveau-nés, la force manque, et surtout l'intention. Mais aux approches de la descente en terre, vigoureux et brusquement versés dans l'art requis, les vers savent très bien corroder patiemment et s'ouvrir un passage. Des crocs de leurs bâtonnets ambulatoires, ils piochent, ils grattent, ils dilacèrent. Les instincts ont des inspirations soudaines. Ce qu'elle ne savait pas faire au début, la bête le sait sans apprentissage, lorsque l'heure est venue de pratiquer telle et telle autre industrie. L'asticot mûr pour l'inhumation perfore un obstacle membraneux que le ver, occupé de son bouillon, n'aurait pas même essayé d'attaquer ni de sa pepsine, ni de ses grapins.

Pour quel motif le ver abandonne-t-il la carcasse, excellent abri? Pourquoi va-t-il se domicilier dans le sol? Premier assainisseur des choses mortes, il travaille au plus pressé, le tarissement de l'infection; mais il laisse copieux résidu, inattaquable par les réactifs de sa chimie dissolvante. Ces restes, à leur tour, doivent disparaître. Après le diptère accourent des anatomistes qui reprennent l'aride relique, grignotent peau, tendons, ligaments et râtissent l'os jusqu'au blanc.

Le mieux expert en ce travail est le Dermeste, passionné rongeur des reliques animales; un peu plus tôt, un peu plus tard, il arrivera sur la pièce déjà exploitée par le diptère. Or qu'arriverait-il si les pupes se trouvaient là? C'est visible. Amateur d'aliments coriaces, le Dermeste porterait la dent sur les barillets de corne et les mettrait à mal d'une simple morsure. S'il ne touchait pas au contenu, chose vivante qui probablement le répugne, il dégusterait tout au moins le contenant, matière inerte. La future mouche serait perdue parce que son étui serait troué. De même, dans les magasins des filatures, un Dermeste (*Dermestes vulpinus* Fab.)

perce les cocons pour attaquer la chrysalide à téguments de corne.

L'asticot prévoit le danger et déguerpit avant que l'autre arrive. En quelle mémoire loge-t-il tant de sapience, lui l'indigent, dépourvu de tête, car il faut une certaine extension de langage pour appeler de ce nom de tête l'avant pointu de l'animal ? Comment a-t-il appris que pour sauvegarder la pupe, il convient de déserter le cadavre, et que pour sauvegarder la mouche, il convient de ne pas s'enterrer trop profondément ?

Pour émerger de dessous terre après l'éclosion de l'insecte parfait, la méthode de la Mouche bleue consiste à se disloquer la tête en deux moitiés mobiles qui, boursouflées de leur gros œil rouge, tour à tour s'éloignent et se rapprochent. Dans l'intervalle surgit et disparaît, disparaît et surgit, une volumineuse hernie hyaline. Lorsque les deux moitiés s'écartent, un œil refoulé vers la droite et l'autre vers la gauche, on dirait que l'insecte se fend la boîte crânienne et en expulse le contenu. Alors la hernie surgit, obtuse au bout et renflée en grosse tête de clou. Puis le front se referme, la hernie rentre ne laissant de visible qu'une sorte de vague mufle.

En somme, une poche frontale, à palpitations profondes d'instant en instant renouvelées, est l'outil de délivrance, le pilon à l'aide duquel le diptère nouvellement éclos choque le sable et le fait crouler. A mesure les pattes refoulent en arrière les éboulis et l'insecte progresse d'autant vers la surface.

Rude besogne que cette exhumation à coups de tête fendue et palpitante. En outre, l'exténuant effort s'impose au moment de la plus grande faiblesse, lorsque l'insecte sort de sa pupe, coffret protecteur. Il en sort pâle, sans consistance, disgracieux, à peine vêtu des ailes qui, plissées en long et raccourcies par une échancrure sinueuse, couvrent pauvrement le haut de

l'échine. Hirsute de cils farouches et coloré de cendré, il a piteux aspect. La grande voilure, apte à l'essor, s'étalera plus tard. Pour le moment elle serait un embarras au milieu des obstacles à traverser. Viendra plus tard aussi le costume correct où la sévérité du noir fait ressortir le bleu chatoyant de l'indigo.

La hernie frontale qui fait crouler le sable sous le choc de ses pulsations, est apte à fonctionner quelque temps après la sortie de terre. Saisissons avec des pinces l'une des pattes d'arrière de la mouche récemment libérée. Aussitôt l'outil céphalique travaille, se gonflant, se dégonflant non moins bien que tantôt, quand il fallait pratiquer une trouée dans le sable. Entravé dans ses mouvements comme il l'était sous terre, l'insecte lutte de son mieux contre le seul obstacle à lui connu. De sa gibbe pulsatoire, il cogne l'air de même qu'auparavant il cognait la barrière terreuse. En toute circonstance fâcheuse, son unique ressource est de se fendre la tête et d'exhiber son hernie crânienne, qui sort et rentre, rentre et sort. Près de deux heures, entrecoupées d'arrêts dus à la fatigue, la machinette palpitante fonctionne au bout de mes pinces.

Cependant la désespérée se durcit l'épiderme; elle étale sa voilure et revêt son costume de grand deuil; mélange de noir et de bleu sombre. Alors les yeux, latéralement déjetés, se rapprochent, prennent la position normale. La fente du front se referme; la poche libératrice rentre pour ne se montrer jamais plus. Mais avant une précaution est à prendre. Avec les tarses antérieurs, la gibbe qui va disparaître est soigneusement brossée, crainte de se loger du gravier dans le crâne lorsque les deux moitiés de la tête se rejoindront pour toujours.

L'asticot est au courant des misères qui l'attendent lorsque, devenu mouche, il devra remonter de dessous terre; il sait par avance combien, avec le faible instru-

ment dont il dispose, l'ascension sera pénible, au point de devenir mortelle pour peu que le trajet s'allonge. Il pressent les dangers futurs et les conjure autant que le permet sa prudence. Doué de deux bâtons ferrés dans le gosier, il peut aisément descendre à telle profondeur qu'il voudra. La tranquillité plus grande et la température moins âpre exigeraient gîte profond autant que possible; le plus bas sera le meilleur pour le bien-être du ver et de la pupe, à la condition que la descente soit praticable.

Elle l'est à merveille, et voici que libre d'obéir à son inspiration, le ver s'abstient. Je l'élève dans une terrine profonde, pleine de sable fin et sec, milieu de fouille aisée. L'ensevelissement est toujours médiocre. Un travers de main environ, c'est tout ce que se permet le plongeon le plus avancé. La plupart des ensevelis restent même plus près de la surface. Là, sous une mince couche de sable, la peau du ver durcit et devient un cercueil, un coffret où se dort le sommeil de la transformation. Quelques semaines après, l'inhumée se réveille, transfigurée mais débile, n'ayant pour se déterrer que la sacoche pulsatoire de son front ouvert.

Ce que l'asticot s'est défendu de faire, il m'est loisible de le réaliser si je tiens à savoir de quelle profondeur peut remonter le diptère. Au fond de larges tubes, fermés d'un bout, je dépose quinze pupes de la Mouche bleue obtenues en hiver. Au-dessus de ces pupes s'élève une colonne verticale de sable fin et sec, dont je fais varier la hauteur d'un appareil à l'autre. Avril venu, les éclosions commencent.

Le tube avec 6 centimètres de sable, la moindre des colonnes essayées, fournit le meilleur résultat. Des quinze sujets ensevelis à l'état de pupes, quatorze, devenus mouches, parviennent aisément à la surface. Un seul périt, sans même avoir tenté l'ascension. Avec 12 centimètres de sable, quatre sorties. Avec 20 centimètres, deux sorties, pas davantage. En chemin, qui

plus haut qui plus bas, les autres mouches sont mortes, harassées de fatigue.

Enfin, avec un dernier tube où la colonne de sable mesurait 60 centimètres, je n'ai obtenu qu'une mouche libérée. Pour monter de telle profondeur, la vaillante a dû rudement s'escrimer car les quatorze restantes ne sont pas même parvenues à faire sauter le couvercle de leur coffret. Je présume que la mobilité du sable et la pression en tout sens qui en résulte, analogue à celle des liquides, ne sont pas étrangères aux difficultés de l'exhumation.

Aussi deux autres tubes sont préparés, mais cette fois garnis de terreau frais qui, légèrement tassé, n'a plus la mobilité du sable et les inconvénients de la pression. 6 centimètres de terreau me donnent huit sorties pour quinze pupes ensevelies; 20 centimètres ne m'en donnent qu'une.

Le succès est moindre qu'avec la colonne sablonneuse. Mon artifice a diminué la pression, mais il a du même coup augmenté l'inerte résistance. Le sable croule tout seul sous les chocs du refouloir frontal; le terreau, non mobile, exige l'ouverture d'une galerie. Sur le trajet suivi, je constate, en effet, une cheminée d'ascension qui persiste indéfiniment telle quelle. La mouche l'a forcée avec la sacoche temporaire qui lui palpite entre les yeux.

Dans tout milieu, sable, humus, combinaison terreuse quelconque, la misère est donc grande quand il faut s'exhumer à l'état de mouche. Aussi l'asticot s'abstient-il des profondeurs qu'un surcroît de sécurité semblerait devoir lui conseiller. Le ver a sa prudence : en prévision des difficultés de l'avenir, il évite les grands plongeons favorables au bien-être du présent. Le futur fait négliger l'actuel.

J.-H. Fabre.

PASCAL

L'horreur du vide et la pression atmosphérique

Des polémiques du plus haut intérêt pour l'histoire des sciences, et plus importantes encore pour l'appréciation de la moralité de Pascal, se sont produites récemment dans plusieurs revues auxquelles des journaux ont fait écho. M. F. Mathieu, qui les a ouvertes, y mène la campagne contre l'auteur du *Traité de l'équilibre des liqueurs*. M. Duhem, qui rencontre ces attaques dans une étude sur *Le P. Marin Mersenne et la pesanteur de l'air*, leur oppose certaines critiques et des vues toutes différentes. M. Abel Lefranc plaide pour Pascal et tient pour fausses les conclusions de M. Mathieu. M. Milhaut les juge insuffisamment démontrées. M. L. Brunschvicg est du même avis, mais il s'en prend surtout à la méthode qui y a conduit. M. Abel Rey donne, de l'ensemble du débat, une synthèse très nette d'où il ressort que les répliques laisseraient debout les principaux arguments de M. Mathieu.

Nous avons suivi cette joute savante, dont l'enjeu est l'honneur d'un grand homme, avec le souci d'apprécier les charges qui pèsent sur l'accusé. C'est de cet effort qu'est fait cet article. Il n'a pas la prétention d'apporter à l'attaque ou à la défense un secours dont elles n'ont que faire. Son but est de raconter les faits, d'analyser les pièces du procès et d'aider le lecteur à se former lui-même une opinion, en lui épargnant le travail de

classement et de contrôle que nous nous sommes imposé pour asseoir la nôtre.

Voici le plan que nous avons suivi.

Nous avons pris pour base de notre étude toute la partie documentaire des articles dont nous venons de citer les auteurs, de ceux de M. Mathieu surtout : ceci s'imposait. M. Mathieu a épuisé la matière, ou peu s'en faut. « Il a une érudition immense », écrit M. L. Brunschvicg dont il est superflu de rappeler l'autorité en un sujet que remplissent l'œuvre et la vie de Pascal; « il manie des documents qui ont été négligés ou ignorés par ses devanciers... Je m'excuse, à l'avance, si la forme que vont prendre mes observations répond très mal et à l'impression d'admiration que j'ai éprouvée en prenant connaissance » de ses articles, « et à la reconnaissance que je leur dois personnellement pour tout le profit que j'en tire à chaque instant au cours de mes recherches. »

Tous ces documents, nous les avons relus à leur place chaque fois que les sources nous étaient accessibles, non pas dans l'intention d'en vérifier l'exactitude matérielle, dont nous n'avions aucune raison de douter, mais pour les isoler de tout commentaire, les compléter au besoin, les éclairer par leur contexte et en subir ainsi l'impression directe.

Afin d'éviter tout groupement artificiel, auquel eût nécessairement présidé une opinion déjà formée, nous avons rangé ces documents dans l'ordre chronologique. L'intérêt y perdra peut-être, mais la vérité ne pourra qu'y gagner. Quand il a fallu les commenter, en fixer le sens, en signaler l'accord ou les contradictions, réelles ou apparentes, nous avons adopté, parmi les interprétations des auteurs qui nous servaient de guides, celles qui nous paraissaient les mieux fondées, ou nous en avons proposé d'autres, en donnant les raisons de notre choix.

Ce n'est qu'après cet exposé critique des faits et des textes, que nous énoncerons les conclusions qu'on en tire, en signalant les difficultés qu'on leur oppose et les solutions qu'on en donne, quand ces difficultés et ces solutions n'auront pas été rencontrées déjà dans le corps de l'article.

Pour ne point surcharger ces pages de références de détail, nous avons dressé et mis en appendice la liste des articles et des ouvrages originaux qui ont fourni les documents mis en œuvre, en indiquant ceux que nous n'avons pu consulter et que nous citons de seconde main.

Enfin, pour permettre au lecteur des rapprochements souvent nécessaires, tout en évitant de fréquentes répétitions, des chiffres romains, intercalés dans le texte, renvoient aux paragraphes de cette étude.

I. — *Avant Torricelli, 1629-1643 : Isaak Beeckman, Baliani, Jean Rey, Galilée, Descartes*

Dans la première moitié du XVIIe siècle, on enseignait dans les écoles que l'air est pesant relativement au feu, léger relativement à l'eau. On ne s'accordait pas sur le point de savoir si un élément pèse ou non lorsqu'il se trouve en son lieu naturel : si l'air, par exemple, pèse dans l'air, et l'eau dans l'eau. Aristote disait oui, Simplicius disait non. A l'appui de son opinion, le maître citait une observation étrange, sans dire, d'ailleurs, qu'elle fût de lui : une outre pèse davantage lorsqu'elle est gonflée d'air que lorsqu'elle est vide. Son commentateur avait, disait-il, refait l'expérience et trouvé le même poids à l'outre gonflée et à l'outre dégonflée. Les meilleurs esprits donnaient raison à Simplicius contre Aristote.

Tous s'accordaient à déclarer le vide impossible. On

ajoutait que, pour l'empêcher, la nature, qui en a horreur parce qu'il tend à sa destruction, recourt à tous les moyens propres à le prévenir : tantôt c'est une force motrice intime, dont elle a doué tous les corps, qui les porte, au besoin, dans le lieu où le vide tend à se produire; tantôt c'est la condensation, la raréfaction ou une résistance invincible qui entrent en jeu. C'est contre celle-ci qu'on s'épuise quand on veut écarter les feuillets d'un soufflet dont l'ouverture est bouchée.

Des physiciens cependant se rencontraient, persuadés que l'air est absolument pesant, et disposés à prendre sa pesanteur pour cause des effets que les philosophes péripatéticiens attribuaient à l'horreur du vide.

En des entretiens tenus en 1629 avec Gassendi, Isaak Beeckman, collaborateur de Descartes, en Hollande, s'en exprimait très nettement :

« ...J'ai montré, dit-il, que l'air est grave, qu'il nous presse de tous côtés d'une manière uniforme, de sorte que nous ne souffrons pas de cette pression, et que cette gravité est la cause de ce qu'on nomme la fuite du vide... L'air repose sur les choses à la manière de l'eau, et il les comprime selon la hauteur du fluide qu'elles supportent... Les choses se précipitent avec une grande puissance en un lieu vide, à cause de la grande hauteur de l'air qui les surmonte et du poids qui en résulte. »

Le 26 octobre 1630, Baliani adressait à Galilée une lettre où se lisent des pensées semblables :

« ...Je ne suis plus de l'opinion vulgaire selon laquelle il n'y a pas de vide... et, pour tout dire, j'ai commencé de croire que le vide était naturellement possible dans le temps même que j'ai reconnu à l'air un poids sensible... Il n'est pas vrai que le vide répugne à la nature; il est seulement vrai qu'il ne se peut produire sans une grande violence, et l'on peut déterminer quelle est cette violence requise pour obtenir le vide. D'ailleurs, si l'air est pesant, il n'y a entre l'eau et l'air qu'une différence de plus ou de moins... J'estime que plus l'air se trouve élevé au-dessus du sol, plus il est léger; toutefois, je crois son immensité si

grande qu'en dépit de la faiblesse de son poids spécifique, si l'on sentait la charge de tout l'air qu'on porte au-dessus de soi, on éprouverait un très grand poids; il ne serait cependant pas infini; il aurait une valeur déterminée, en sorte qu'au moyen d'une force proportionnée à ce poids, on pourrait le surmonter et produire le vide... Je juge que cette valeur est telle que l'on pourrait produire le vide avec une violence égale à celle que peut produire l'eau dans un canal dont la longueur ne dépasse pas 80 pieds. »

Nous avons analysé ici même les *Essays* de Jean Rey, publiés en 1630, et sa correspondance avec le P. Mersenne (1). Si le lecteur veut bien se reporter à cet article, il verra que le médecin du Bugue professait une doctrine analogue.

Plus clairement encore peut-être, Descartes rendait compte des effets de la pression atmosphérique dans une lettre qu'il adressait, le 2 juin 1631, à un correspondant inconnu, que l'on croit être Reneri. Il entreprend de lui expliquer pourquoi un tube rempli de mercure peut retenir le liquide qu'il contient, alors que son bout ouvert est tourné vers le bas : c'est que, dit-il, pour descendre, le vif-argent devrait pousser une partie de l'air, qui en pousserait une autre au-dessus d'elle; en sorte qu'il lui faudrait « autant de force qu'il en est besoin pour enlever tout l'air qui est depuis là jusqu'au-dessus des nuées ». Ce passage est à retenir : Descartes se souviendra de l'avoir écrit et rapprochera, pour s'en faire un mérite, l'explication qu'il y donne, en 1631, de celle que Torricelli donnera, en 1644, de la suspension du mercure dans le baromètre.

Plus tard — il faut en faire la remarque — Descartes, moins préoccupé, semble-t-il, de pénétrer les secrets de la nature que de mettre les phénomènes d'accord avec ses conceptions d'ensemble, ne voudra voir, dans les faits analogues, que des conséquences

(1) *Les Essays de Jean Rey et la Pesanteur de l'air*, REVUE DES QUEST. SCIENT., livraison du 20 juillet 1907, pp. 230-256.

d'une théorie sur le plein et la forme cyclique de tous les mouvements qui se produisent dans le monde; par là il soudera si intimement la cause qu'il leur assigne à l'hypothèse dont il la fait dépendre que, quand il parlera en savant, c'est le métaphysicien que l'on croira entendre.

Dans ses *Discours et démonstrations mathématiques* au sujet de deux sciences nouvelles, publiés en 1638, Galilée aborde, en la première journée, la question du vide et celle de la gravité de l'air. Il croit à l'horreur du vide, mais il ne lui accorde qu'une puissance finie et déterminée; il propose même des moyens de la mesurer, mais il ne va pas jusqu'à considérer la pression de l'air pesant comme l'explication de cette résistance au vide. Il admet cependant que l'air est pesant; bien mieux, il a tenté d'en déterminer le poids spécifique. Sans entrer au détail de ses expériences, il en fait connaître le résultat : l'eau serait quatre cents fois plus grave que l'air; mais cette donnée, très inexacte d'ailleurs, reste inutilisée. C'est par l'horreur limitée du vide, et non par la pesanteur de l'air, qu'il explique l'ascension de l'eau dans les pompes et l'impossibilité de l'élever à une hauteur verticale supérieure à 18 brasses dans un tuyau plus long.

Descartes, qui a lu les *Discours et démonstrations*, en parle à Mersenne dans une lettre du 8 octobre 1638; il lui donne son avis sur cette observation, rapportée par Galilée, que les pompes ne tirent point l'eau au delà de 18 brasses.

« Ce fait, dit-il, ne doit point se rapporter au vide, mais ou à la matière des pompes, ou à celle de l'eau même, qui s'écoule entre la pompe et le tuyau plutôt que de s'élever plus haut, ou *même à la pesanteur de l'eau qui contrebalance celle de l'air* (1). »

(1) L'explication par la pesanteur de l'air — la remarque est de P. Tannery — ne se trouve pas dans l'original, comme elle se trouve dans le texte de Clerselier.

Pour Galilée, répétons-le, la pesanteur de l'eau contrebalance, non celle de l'air, mais la puissance finie et déterminée de l'horreur du vide. On pourrait contrebalancer celle-ci, dans des conditions analogues, par la pesanteur d'autres liquides, qui s'élèveraient à des hauteurs verticales plus ou moins grandes que 18 brasses, en proportion inverse de leurs poids spécifiques comparés à celui de l'eau. Leur pesanteur donnerait, dans tous les cas, la mesure, toujours et partout la même, de l'horreur du vide à laquelle elle fait équilibre.

II. — *Torricelli, sa lettre à Ricci, 1643-11 juin 1644*

C'est en réfléchissant, sans doute, sur ce passage de Galilée, qu'un lecteur ingénieux trouva le moyen de produire le vide et une colonne liquide soulevée, bien plus commodément qu'avec l'eau dans une pompe, en prenant du vif-argent dans un tube de verre. L'expérience est classique, il est inutile de la décrire.

On en attribue l'invention à Torricelli (1); il fit mieux, en tout cas, que de la réaliser dans des conditions variées : il en donna une explication où l'horreur limitée du vide est remplacée par la pesanteur de la colonne d'air qui surmonte le mercure de la cuvette.

(1) Mersenne a écrit dans le tome troisième des *Novarum observationum physico-mathematicarum*, p. 216 : « Certum est primo, vacuum ope tubi vitrei prius in Italia, quam in Gallia observatum ; idque puto, ab illustri Evangelista Torricelli. » — C. Rob. Dati, *Lettera a Filaleti di Timauro Antiate Della vera storia della Cicloide, et della Famosissima Esperienza dell' Argento vivo*. Firenze, 1663, p. 19, est plus explicite : « Sappiate adunque, o Filaleti, che il Torricelli *sino dell' an. 1643* mentre dimorava in Firenze... fù *il vero, ed unico inventore* di questa esperienza, *e delle ragione dependente della pressione dell' aria*, che che pretendano, dicano, o scrivano altri. » — On pourrait multiplier ces témoignages.

Le 11 juin 1644, Torricelli écrit à son ancien disciple Michel-Ange Ricci :

« J'ai déjà annoncé à votre Seigneurie qu'il se faisait une expérience de physique sur le vide, non pas pour faire simplement le vide, mais pour avoir un instrument qui pût indiquer les changements de l'air, tantôt plus lourd et plus épais, tantôt plus léger et plus subtil.

» Beaucoup de gens ont dit qu'il ne peut pas se produire de vide, d'autres qu'il peut se produire, mais non sans résistance de la nature, ni sans fatigue. Je ne sache pas que personne ait dit qu'il peut se produire du vide sans fatigue et sans résistance aucune de la nature. J'ai raisonné ainsi : Si je trouvais une cause manifeste d'où dérive la résistance que l'on sent quand on veut faire le vide, il serait inutile, ce me semble, de chercher à attribuer au vide un effet qui dérive manifestement d'une autre cause. Et même en faisant certains calculs très faciles, je trouve que la cause dont je parle, à savoir le poids de l'air, devrait à elle seule faire plus d'effet qu'elle ne fait quand on essaye de faire le vide. »

Voilà l'objection principale — il faudra s'en souvenir — contre laquelle va se heurter cette théorie : elle semblera condamnée aux yeux de savants éminents, de Roberval entre autres, par le calcul du poids de la « colonne d'air » dont on croyait connaître la hauteur et la densité.

« Nous vivons submergés au fond d'un océan d'air, poursuit Torricelli, et nous savons par des expériences indubitables que l'air est pesant et même que cet air épais qui est près de la surface de la terre pèse environ le quatre centième du poids de l'eau ». C'est le nombre donné par Galilée; nous savons aujourd'hui que la densité de l'eau est égale, non à quatre cents fois, mais à sept cent soixante-treize fois celle de l'air. « D'autre part, les auteurs qui ont parlé du crépuscule ont observé que l'air visible et chargé de vapeurs s'élève au-dessus de nous à près de cinquante ou cinquante-quatre milles : ce que je crois exagéré, parce que je pourrais montrer que le vide devrait faire beaucoup plus de résistance qu'il ne fait; mais ils ont une échappatoire, ils peuvent dire que le poids dont parle Galilée doit s'entendre de la région la plus basse de l'air où vivent les hommes et les ani-

maux, mais que sur la cime des hautes montagnes, l'air commence à être très pur et pèse beaucoup moins que le quatre centième du poids de l'eau.

» Nous avons fait beaucoup de tubes de verre, comme ceux qui sont désignés ici (fig. 1). » Torricelli décrit la manière de réaliser l'expérience, et il continue :

Fig. 1

« Pour montrer que le tube était parfaitement vide, on remplissait d'eau jusqu'en D le bassin, et en élevant peu à peu le tube, quand l'extrémité inférieure arrivait à l'eau, on voyait le vif-argent descendre, et l'eau le remplir avec impétuosité jusqu'en E. Quand la partie AE du tube était vide et que le vif-argent se soutenait, bien que fort lourd, en AD, voici comment on raisonnait : Jusqu'ici on a cru que la force qui empêche le vif-argent de retomber est intérieure à AE et provient du vide ou de quelque matière subtile, extrêmement raréfiée ; mais je prétends que la matière est extérieure et que la force vient du dehors. Sur la surface du liquide qui est dans le bassin, pèse une quantité d'air qui a cinquante milles de haut. Est-il étonnant que le vif-argent, qui n'a ni inclination, ni répugnance pour le tube A, y entre et s'y élève jusqu'à ce qu'il fasse équilibre au poids de l'air extérieur qui le pousse? L'eau dans un

tube semblable, mais beaucoup plus long, s'élèvera jusqu'à près de dix-huit brasses, c'est-à-dire d'autant plus haut que le vif-argent est plus lourd que l'eau, pour faire équilibre à la même cause qui agit sur l'un et sur l'autre. Ce raisonnement a été confirmé par l'expérience faite en même temps au moyen du tube A et du tube B, où le vif-argent s'arrêtait toujours à la même ligne horizontale AB, signe presque certain que la force n'est pas intérieure ; car il y aurait eu une force d'attraction plus grande dans le tube A, où il y avait plus de matière raréfiée et attirante, beaucoup plus énergique, à cause de son degré de raréfaction, que celle qui était renfermée dans le très petit espace B ...

» Je n'ai pu réussir dans ce qui était mon but principal (la mia intenzione principale), à savoir, de connaître par le moyen de l'instrument EC quand l'air est plus épais et plus lourd (più grossa, e grave) et quand il est plus subtil et plus léger, parce que le niveau AB change pour une autre cause à laquelle je ne me serais pas attendu (che io non credeva mai), par le chaud et le froid et très sensiblement, tout comme si la chambre AE était remplie d'air. »

Ricci admire, et c'est justice, la sagacité de son ancien maître; mais, contre sa théorie, des difficultés lui viennent dont il lui demande la solution. Voici les principales :

Si l'on place un couvercle sur la cuvette, le mercure reste, dans le tube qui y plonge, à la même hauteur; l'air cependant pèse maintenant sur le couvercle et non plus sur le mercure. – Si, tenant le trou d'une seringue bouché, on essaye de tirer le piston, on éprouve autant de difficulté à le tirer *en haut*, quand l'air pèse sur la surface du piston, qu'à le tirer *en bas*, quand il ne la charge plus.

Dans sa réponse du 28 juin 1644, Torricelli s'attache surtout à résoudre la première objection :

« Si Votre Seigneurie, dit-il, place le couvercle sur le bassin, de manière qu'il touche la surface du vif-argent, le vif-argent du tube restera suspendu comme auparavant, non pas à cause du poids de l'atmosphère, mais parce que le vif-argent du bassin est retenu. Si elle place le couvercle de manière à enfermer dans le

bassin une certaine quantité d'air, je demande si Votre Seigneurie admet que l'air enfermé soit au même degré de condensation que l'air extérieur; alors le vif-argent se soutiendra à la même hauteur qu'auparavant... *Mais si l'air enfermé est plus raréfié que l'air extérieur, le vif-argent descendra d'une certaine quantité; s'il était infiniment raréfié, s'il y avait le vide, alors le vif-argent descendrait tout entier pour peu que le bassin pût le contenir.* »

C'est nous qui soulignons les dernières lignes : il y a là l'expression très nette de ce que montrerait, dans l'hypothèse de Torricelli, l'expérience ordinaire du vide s'il était possible de la réaliser *dans le vide* — la hauteur de la colonne de mercure y serait nulle — ou *dans un vide relatif* — cette hauteur diminuerait en proportion de la raréfaction (1). Ce sera la vérification expérimentale de cette conséquence de la théorie du savant Florentin qui consacrera — nous le verrons — son triomphe définitif.

III. — *Mersenne, ses premiers essais, son voyage en Italie, 1644-octobre 1646*

En ce temps-là, Mersenne, par sa correspondance, suppléait à la « presse scientifique » qui n'existait pas encore. Il venait d'achever ses *Cogitata physico-mathematica*, publiés en 1644, et commençait ses *Reflexiones*, qu'il terminera le 1er octobre 1647, quand il reçut de Ricci des extraits des lettres de Torricelli sur la nouvelle expérience du vide et l'explication qu'en donnait l'inventeur. Cette lettre de Ricci à Mersenne existe encore, nous dit M. Mathieu, et le nom de Torricelli s'y trouve. Il est faux que le Minime en ait

(1) Il serait intéressant de savoir si les copies de la correspondance de Torricelli et de Ricci rapportées d'Italie par Mersenne, contiennent cette description des phénomènes que manifesterait l'expérience du vide dans le vide.

fait mystère : on le lit en maint endroit de ses livres et de sa correspondance.

Torricelli n'était pas un inconnu pour Mersenne. Ils étaient en correspondance depuis 1643, et ils échangèrent de nombreuses lettres au cours de cette année 1644 et des années suivantes. Il y est question de géométrie, d'acoustique, du désir de Mersenne de recevoir de bons objectifs de lunette et des efforts de son correspondant pour le satisfaire. Mais on n'y trouve pas la moindre allusion aux expériences du vide (1).

La lettre de Ricci intéressa Mersenne : curieux de toute expérience nouvelle, il tenta, mais en vain, de reproduire celle-ci.

Personne n'y avait réussi, en France, quand « après la fête de saint Simon (28 octobre), nous dit Baillet dans *La Vie de Monsieur Descartes*,... délivré de l'impression du gros recueil de pièces physiques et mathématiques qu'il intitula *Cogitata physico-mathematica*, et n'ayant plus rien, au départ de M. Descartes, qui pût le retenir à la ville, il partit pour un voyage de huit ou neuf mois qu'il avait à faire en Italie ».

A Rome, il vit Lucas Halstenius, bibliothécaire du Vatican, qui lui parla d'un capucin milanais, Valeriano Magni, de passage en cette ville, comme d'un philosophe savant et original. Nous retrouverons plus tard ce fougueux adversaire d'Aristote. Mersenne alla le voir : « C'est un vaste et vaillant esprit », écrit-il à Hévélius.

Le 24 décembre, le Minime prend congé de Halstenius et, quelques jours plus tard, il est à Florence où Torricelli lui montre ses tubes, refait devant lui ses expériences et lui expose sa théorie.

Mersenne rentre à Paris au commencement de juil-

(1) *Lettere di Evangelista Torricelli al P. Marino Mersenne*. BULLETINO DI BIBLIOGRAFIA E DI STORIA DELLE SCIENZE MATEM. E FISICHE (B. Boncompagni), t. VIII, 382.

let 1645. Il rapporte des copies plus complètes des lettres de Torricelli à Ricci et des renseignements détaillés sur l'expérience du vide, recueillis de la bouche même de l'inventeur. Il reprend ses essais, mais toujours sans succès.

Roberval, de qui nous tenons ces détails, attribue ces échecs à la difficulté de se procurer, à Paris, des tubes convenables. Mersenne d'ailleurs interrompit peu après ces expériences pour entreprendre un nouveau voyage : il alla passer l'hiver de 1645-1646 dans le Midi « d'où il ne revint, nous dit Baillet, qu'au commencement de septembre 1646 ». A peine rentré, il se remet à l'œuvre, cette fois avec Chanut, ambassadeur en Suède, de passage à Paris; il échoue de nouveau. Décidément Roberval a raison : on ne trouvera pas, à Paris, le matériel convenable; il faut le demander à Rouen : « ibi enim, écrit Roberval, celeberrima habetur vitri et crystalli officina ».

C'est à l'ingénieur Pierre Petit que semble s'être adressé Mersenne pour solliciter ce service; en même temps, il lui donnait sur l'expérience dont il poursuivait en vain la réalisation, des renseignements détaillés. « Cette expérience ayant été mandée de Rome au R. P. Mersenne, écrira plus tard Pascal,... Je l'appris de M. Petit, intendant des fortifications, et très versé en toutes les belles-lettres, qui l'avait apprise du R. P. Mersenne même. »

IV. — *Les expériences de Rouen, octobre 1646-mai 1647*

Instruit du détail de l'expérience d'Italie, Petit fut le premier à la réaliser en France, en présence d'Étienne et de Blaise Pascal, plus de deux ans après la lettre de Ricci à Mersenne. La date de cet événement nous est

donnée par Jacques Pierius, docteur en médecine et en théologie, professeur de philosophie au Collège que l'archevêque de Rouen venait de fonder en cette ville : « Annus numerabatur 1646, écrit-il, mensis vero october, cum haec philosopharer apud Rhotomagenses... Dominus Petit, qui *eodem mense* hanc experientiam eadem in urbe tentaverat. »

Quelques jours plus tard, le 10 novembre 1646, Petit écrit à Chanut, qui était de retour à Stockholm, pour lui annoncer le succès de l'expérience que Mersenne n'avait pas réussi à lui montrer, et lui raconter comment les choses s'étaient passées. Dans l'autographe de cette lettre, qui existe encore, comme dans le texte imprimé en un opuscule dont nous parlerons plus loin, on peut lire : « C'est de l'*expérience de Torricelli* touchant le vide, dont je veux vous entretenir. » Le nom du savant Florentin, inventeur de l'expérience du vide, était donc connu à Rouen, en 1646, de l'initiateur de Pascal au maniement du tube barométrique : il est invraisemblable que Pascal l'ait ignoré ; si, par impossible, on ne l'a pas prononcé devant lui, il l'a lu dans la lettre de Petit à Chanut dont nous le verrons fournir une copie pour l'impression.

Petit et Étienne Pascal, en face du tube de Torricelli, avaient reconnu, non sans émotion, qu'ils voyaient le vide. Bien plus, ce vide devenait plus grand ou plus petit, à volonté, suivant que l'on haussait ou baissait le tuyau sans retirer toutefois de la cuvette le bout qui y trempait. Blaise avait objecté qu'un peu d'air pouvait être demeuré au fond du tuyau, ou entré avec le vif-argent lorsqu'on le versait, ou apporté avec le doigt quand on mettait celui-ci sur l'extrémité ouverte. Mais il s'était ravisé, avait fait de nouvelles expériences et s'était prononcé pour le vide.

L'affaire fit grand bruit et, volontiers, Pascal produisit ses démonstrations devant les curieux de la ville.

Elles émurent ceux qui avaient tenu jusque-là pour indubitable l'horreur du vide : l'enseignement traditionnel allait-il être convaincu d'erreur? Jacques Pierius se charge de les rassurer. Dans une dissertation écrite à la hâte, il entreprend de démontrer que la thèse péripatéticienne reste intacte : la partie supérieure du tube n'est vide qu'en apparence; des esprits subtils qui s'échappent du vif-argent la remplissent.

Pascal, dont toute l'activité était alors tournée vers les sciences et la gloire des succès mondains, voulut avoir le dernier mot. Il invita ses contradicteurs à une conférence solennelle : « Constituta die, ac loco amplissimo, nous dit Roberval, in area officinae Vitriariorum, invitavit omnes ut adessent mira conspecturi. » C'est en cette circonstance que Pascal fit l'expérience de Torricelli avec un grand tube rempli, non plus de mercure, mais de vin. Voici comment lui-même la décrit dans son *Abrégé* (VIII) :

« Un tuyau de verre de quarante-six pieds, dont un bout est ouvert, et l'autre scellé hermétiquement, étant rempli d'eau, ou plutôt de vin bien rouge, pour être plus visible, puis bouché, et élevé en cet état, et porté perpendiculairement à l'horizon, l'ouverture bouchée en bas, dans un vaisseau plein d'eau, et enfoncé dedans environ d'un pied ; si l'on débouche l'ouverture, le vin du tuyau descend jusqu'à une certaine hauteur, qui est environ trente-deux pieds depuis la surface de l'eau du vaisseau, et se vide, et se mêle parmi l'eau du vaisseau qu'il teint insensiblement, et se désunissant d'avec le haut du verre laisse un espace d'environ treize pieds vide en apparence, où de même il ne paraît qu'aucun corps ait pu succéder : si on incline le tuyau, comme alors la hauteur du vin du tuyau devient moindre par cette inclinaison, le vin remonte jusqu'à ce qu'il vienne à la hauteur de trente-deux pieds : et enfin si on l'incline jusqu'à la hauteur de trente-deux pieds, il se remplit entièrement, en ressuçant ainsi autant d'eau qu'il avait rejeté de vin. »

Parmi les spectateurs, il faut signaler Périer, beau-frère de Pascal, le médecin Guiffart, plusieurs Jésuites,

Jacques Pierius et Auzout. Gassendi reçut une relation de cette conférence dans une lettre d'Auzout; il en prit occasion pour écrire une dissertation *De nupero experimento circa vacuum*, où il interprète les observations nouvelles en faveur de sa philosophie (1).

Roberval nous donne sur ces expériences les détails de la mise en scène et un complément d'informations. Rien n'empêche, en effet, d'accepter sa relation où l'on nous montre, non plus un seul tuyau, mais deux. Pascal a pu ce jour-là varier ses démonstrations (2).

On le voit, l'expérience de Torricelli ne parut tout d'abord à Pascal, à ses amis et à ses contradicteurs, qu'un démenti infligé à l'enseignement traditionnel. C'est le haut du tube qui absorbe leur attention. Mersenne traduit cet état des esprits quand il écrit, au premier chapitre de ses *Reflexiones*, qu'aux sept constatations du

(1) On la retrouve enrichie de détails intéressants relatifs à des expériences postérieures : l'ascension du Puy-de-Dôme, les expériences de la vessie de carpe et du vide dans le vide, dans Gassendi, OPERA, Lugduni, 1658, t. I, *Syntagma Philosophicum*, sect. I, lib. II, c. v : *De nupero grandiusculi coacervatire inanis, ope Hydrargyri experimento.*

(2) Voici la relation de Roberval, empruntée à sa lettre à Desnoyers (V) : « Inierat autem privatim solertissimus Dn de Paschal calculum de aqua et vino cum hydrargyro comparatis secundum gravitatem, ut inde debitam unicuique altitudinem eliceret, ad hoc ut in iis altitudinibus aequiponderarent... Itaque antequam quidquam sui propositi aperiret, interrogavit egregios illos sapientes, nec difficulter ab iis elicuit majorem in vino, quam in aqua, spirituum copiam reperiri; ideoque fore ut, si experimentum fieri posset in iis liquoribus (fieri autem posse, satis aperte negabant) vinum plus spatii, quam aquam relicturum esset in apice tubi, positis tubis ejusdem altitudinis. Hoc concesso, ostensus est eis malus jacens cum tubis alligatis. Quibus, altero aqua, altero vino, repletis, et oribus occlusis, erectus est malus; et situlae oribus ipsis tuborum admotae, quarum altera vino, altera aqua plena erat, in quas immersa erant tuborum ora, tubis semper plenis manentibus, donec ora eorum recluderentur. Quibus apertis, statim ambo illi liquores in tubis contenti sic depressi sunt, ut postquam quiescerent, staret altitudo aquae in suo tubo, supra superficiem alterius aquae in situla subjecta contentae, pedibus 31 et una nona circiter; vinum autem paulo altius, puta pedibus 31 et duobus tertiis proxime; remanentibus tuborum reliquis partibus superioribus veluti vacuis omnino, sicut in hydrargyro deprehensum erat.

» Rursus autem mutati sunt liquores in tubis, ut qui prius aqua, is postea vino repleretur et vicissim : nec ideo quidquam in experimento mutatum est circa utramque altitudinem. »

vide signalées par Héron, il faut en ajouter une huitième, celle qu'on vient d'obtenir à Florence au moyen d'un tube de verre et de mercure.

Cet espace n'est pas vide, disent les péripatéticiens : le vide est impossible, la nature se détruirait elle-même en le tolérant; nos yeux nous trompent quand nous croyons le voir. — La raison aristotélicienne ne peut trancher la question, répondent Mersenne et Roberval, il faut multiplier et varier les expériences, rechercher si le son se propage dans le haut du tube, si la vie y est possible, etc. — Aucune substance connue n'a pu pénétrer dans l'espace abandonné par le mercure, soutient Pascal, il est donc vide de toute matière sensible.

Et que pensait-on de la théorie de Torricelli où la pesanteur de la « colonne d'air » contrebalance celle de la colonne du liquide soulevé?

Roberval répugnait à l'accepter. La hauteur de l'atmosphère, que l'on croyait connaître, le poids de l'air qu'on s'imaginait avoir mesuré (I), exigeaient, pour l'équilibre, une colonne de mercure bien plus haute. Torricelli, nous l'avons vu (II), avait rencontré cette objection; il l'écartait en supposant l'atmosphère moins étendue et, plus léger, l'air des régions supérieures. Mais était-il admissible que, pour sauver une hypothèse, on rejetât une doctrine qui semblait solidement fondée? Les observations sur la durée du crépuscule et sur la réfraction paraissaient à Roberval trop probantes pour qu'il consentît, sans y être forcé par l'évidence de faits nouveaux, à abaisser au-dessous de cinquante milles la hauteur de l'atmosphère. A ce taux, il eût fallu admettre, dans les régions supérieures, une dilatation de l'air bien plus grande que celle que lui permettaient d'accepter ses expériences de 1643. Encore pensait-il que cette dilatation ne pouvait se produire que sous l'action de la chaleur ou d'une force extérieure. Où trouver cette force et où prendre cette

chaleur dans les régions supérieures? Ne savait-on pas que le froid les envahit d'autant plus qu'elles s'éloignent davantage du sol? Enfin, imbu des idées cosmogoniques qu'il avait développées dans son *Aristarchus Samius De Mundi systemate*, publié en 1643 et que Mersenne réimprimera en 1647, au tome III de ses *Novarum observationum*, Roberval pensait que l'air n'agit pas seulement par son poids, mais surtout comme véhicule d'une attraction mystérieuse qui unit et retient ensemble toutes les parties de chaque système planétaire. Vingt-sept pouces de mercure pouvaient-ils faire contrepoids à cette puissance formidable? Au lieu de la pression de l'air, ne serait-ce pas plutôt cette attraction qui se manifesterait ici?

Ces vues de Roberval eurent-elles une influence sur l'opinion de Pascal? Rien ne le prouve : jusqu'ici, c'est aux idées de Galilée sur l'horreur limitée du vide qu'il semble s'attacher. Rien n'autorise non plus à le ranger parmi les partisans de la pesanteur de l'air et de la pression atmosphérique; rien n'indique même qu'il ait envisagé de ce biais l'expérience d'Italie : nous en aurons la preuve dans ses *Expériences nouvelles*. C'est le bout supérieur du tube qui l'occupe uniquement : il tient qu'il est vide; son opinion se heurte à la contradiction, et c'est à en triompher qu'il s'applique.

V. — *Guiffart. Valeriano Magni et les expériences de Varsovie, mai-septembre 1647*

Pascal, dont la santé est ébranlée, quitte Rouen à la fin de mai 1647, et s'installe à Paris avec sa sœur Jacqueline.

Il travaillait à la rédaction de ses expériences lorsque parut un *Discours du vide sur les Expériences de M. Paschal et de M. Pierius*.... Rouen, 19 août 1647.

L'auteur, le médecin Pierre Guiffart, avait assisté aux conférences de Rouen; elles l'avaient convaincu que la chambre barométrique est bien vide et il prétendait expliquer, à la lumière de cette vérité nouvelle, une foule de choses : les raisons du mouvement des eaux, de la génération du feu et des tonnerres, de la violence et des effets de la poudre à canon, etc.

Les idées qu'il exprime — quand elles sont raisonnables — sont voisines de celles que nous retrouverons sous la plume de Pascal, mais en un autre style. Il veut que l'on ménage les anciens : « leurs autorités doivent être des oracles qui terminent nos doutes, et des arrêts souverains qui décident nos difficultés », mais seulement « lorsque le fil de notre raison se trouve trop court pour nous conduire dans le labyrinthe des difficultés ». Il demande « qu'on examine curieusement les choses, avec un esprit désintéressé;... après quoi, ni le respect de l'antiquité, ni l'aversion de la nouveauté ne doivent aucunement empêcher de prononcer ». Rappelant les expériences de Pascal, « ceux qui sont philosophes, dit-il, ne les peuvent voir sans admiration, et ceux qui ne le sont pas le deviennent en les considérant ». C'est ce qui lui advint, sans doute, et l'autorise à malmener Pierius et ses confrères en Aristote, qui nient la possibilité du vide, que l'on voit ici de ses yeux, et... supposent la pesanteur de l'air, que rien ne manifeste.

Treize pièces de vers font escorte au livre de Guiffart et chantent sa gloire : le premier il a expliqué par le raisonnement ce que Pascal n'avait montré que par des expériences!

En dehors de l'horreur du vide, il n'y a rien à tirer de cet opuscule sur la cause de la suspension du mercure. Si Pascal, dans ses expériences de Rouen, l'a cherchée dans la pesanteur de l'air, Guiffart n'en a rien retenu. Son *Discours*, comme la thèse de Pierius et la Dissertation de Gassendi, ne prouvent qu'une chose :

le succès des expériences de Rouen, qui tendent à prouver la possibilité du vide.

C'est à ce moment que Roberval apprend à Paris, par une lettre de Desnoyers, secrétaire de la reine de Pologne (1), qu'un capucin italien, le P. Valeriano Magni, supérieur des missions apostoliques du Nord, celui-là même que Mersenne avait rencontré à Rome, en 1644 (III), avait fait à Varsovie, dans les premiers jours de juillet 1647, une conférence d'apparat où il avait montré un espace absolument vide au moyen d'un tube et de vif-argent.

La dissertation où Magni exposait son expérience suivit de près cette lettre de Desnoyers; Mersenne en reçut un exemplaire. Son titre est une déclaration de guerre aux péripatéticiens : *Demonstratio ocularis Loci sine locato : Corporis successive moti in vacuo : Luminis nulli corpori inhaerentis.* L'approbation est datée du 16 juillet 1647, et l'auteur note qu'il a achevé sa rédaction dès le 12 juillet (2).

Cette expérience de Varsovie est bien celle d'Italie; elle est postérieure aux conférences de Rouen, mais elle précède de trois mois la publication des *Expériences nouvelles* de Pascal (VIII).

Torricelli appréciait son expérience moins pour le vide qui s'y produit que pour la pesanteur de l'air qu'elle manifeste (II). Pour Magni, comme pour Pascal, ce qui en fait l'intérêt, c'est le vide qu'elle montre aux yeux, le vide où le mouvement se produit, que la lumière traverse, le vide qui convainc d'erreur Aristote et ses disciples; et voici qu'il brandit son tuyau comme

(1) Pierre Desnoyers est le même personnage que Petrus Nucerius auquel est dédié l'opuscule : J. Hevelii *Epistola de utriusque luminaris defectu*, 1654.

(2) Sur cet opuscule, ses éditions successives, les controverses qu'il a soulevées, voir F. Jacoli, *Evangelista Torricelli*, BULLETINO DI BIBLIOG. E DI STORIA DELLE SC. MATEM. E FISICHE (B. Boncompagni), t. VIII, pp. 288 et suiv.

une arme de guerre : « Minax Aristoteli, dignum admiratione; quod nimirum a saeculo non sit, non ausim dicere cogitatum, sed publice exhibitum ». Il manque un mot, « in Polonia », remarque le P. D. Bartoli (1).

Roberval répond à Desnoyers, le 20 septembre 1647. Il insinue que Magni a manqué de délicatesse, non à l'égard de Pascal, mais vis-à-vis de Torricelli (2). Ni dans l'original ni dans le texte imprimé de cette lettre, il n'est fait allusion aux *Expériences nouvelles*. Si Pascal n'avait soutenu plus tard le contraire, la remarque serait superflue puisque cet opuscule ne fut publié que trois semaines au moins après la lettre à Desnoyers.

Roberval a entre les mains, dit-il, la lettre de Torricelli que Ricci a communiquée à Mersenne; il en signale le contenu, rappelle les essais infructueux du Minime pour réaliser l'expérience du vide, et son voyage en Italie; il insiste sur le succès des expériences de Rouen, mais il se garde d'insinuer que Magni en ait eu connaissance.

Enfin, il expose ses propres expériences, comment il introduit des bulles d'air ou des gouttes d'eau dans la chambre barométrique : il a pu ainsi remplacer, peu à peu, tout le mercure contenu dans le tube par une liqueur plus légère. Il est porté à croire que la partie supérieure du tuyau est vide, mais il n'ose encore

(1) *La Tensione e la Pressione disputanti*. Venise, 1678.

(2) « Ignoscat mihi R. P. Cap. Valerianus Magnus, si dixero eum *parum candide egisse* in eo Libello, quem de hac re in lucem nuperrime emisit Mense Julio hujus anni 1647, dum celeberrimi hujus experimenti ille primus auctor haberi voluit, quod certo constat, jam ab anno 1643, in Italia vulgatum fuisse, ac ibidem, praecipue vero Romae atque Florentiae, celeberrimas inter eruditos de ea re viguisse controversias quas non potuit ignorare Valerianus, qui circa eadem tempora illis in Regionibus degebat et cum doctis conversabatur. Habeo ego Epistolam, quam clariss. Vir Evangelista Torricellius... misit Romam ad amicum doctiss. virum Angelum Ricci sub finem anni 1643, italice scriptam » — la lettre de Torricelli à Ricci est datée du 11 juin 1644 — « quae nihil aliud continet, quam controversiam inter duos illos viros egregios, qui, quod et fere omnibus accidit, de tali experimento diversa sentiebant. Ea autem epistola, cum quibusdam aliis, ab ipso Ricci missa est Parisiis ad R. P. Mersennum, etc. »

l'affirmer; il attend des tubes de forme spéciale où cet espace sera assez grand pour recevoir certains animaux, ce qui permettra de constater si la vie y est possible. Quant à la suspension de la colonne de mercure, elle est due sans doute à une attraction dont le mécanisme reste caché, et on n'imagine pas de quel phénomène connu on pourrait le rapprocher : « Circa has quaestiones eruditi diversissime sentiunt. »

Disons de suite que Magni répondit à la lettre de Roberval par une brochure datée de Varsovie, le 5 novembre 1647. Elle a pour titre : *De inventione artis exhibendi vacuum* NARRATIO APOLOGETICA *Valeriani Magni... ad nobilem et Clarissimum Virum Æ. P. de Roberval.* Nulle part, dit-il, ni à Rome ni à Florence, personne ne lui a parlé de l'expérience du vide; ni ses lectures ni sa correspondance ne lui en ont rien appris : il ignorait jusqu'aux noms de Torricelli et de Ricci, « non quia Viris illis desit claritas nominis, sed quod ego sim obscurus illis ». Il reconnaît avoir reçu, à Rome, la visite de Mersenne, mais Mersenne ne lui a fait aucune confidence à ce sujet. C'est par ses propres réflexions qu'il est arrivé au but (1).

Enfin, il cite les témoignages de ceux qui ont lu sa dissertation, l'en ont loué et ne font aucune allusion à l'expérience d'Italie; et il conclut : « Sum fortassis primus qui eam tupo publicam feci, distractis exemplaribus per majorem melioremque Europae partem. »

Torricelli n'avait rien publié touchant l'expérience du vide; Magni était donc le premier à la présenter au public dans un livre imprimé. Ce n'était point fait pour lui concilier les bonnes grâces de Pascal qui se trouvait prévenu et supportait mal la concurrence. Aussi le P. Capucin sera-t-il bientôt très malmené.

(1) « Consilium ergo de superanda impossibilitate vacui, incidit mihi apud Galilaeum, quod aqua nequeat per attractionem ascendere in fistula ultra cubitum decimum octavum, et ab usu librae Archimedis, quam Cracoviae anno 1644, dono accepi a Tito Livio Buratino, viro erudito in Mathematicis. »

Roberval ne fut pas seul à recevoir la *Narratio apologetica*; Magni en adressa un exemplaire à Mersenne qui revint, pour en corriger l'âpreté, sur le jugement qu'il avait porté d'abord sur « le voleur de Pologne », comme l'appelle Auzout. On ne peut douter que Pascal ait connu l'*Apologie;* il est même très vraisemblable que Magni, désireux de se justifier, n'aura pas manqué de l'adresser directement à l'auteur des expériences de Rouen dont Roberval avait, dans sa lettre, décrit le succès. Plus tard, Magni rappellera ces expériences, antérieures aux siennes, mais auxquelles il n'a rien emprunté, et il témoignera l'estime qu'il en fait en traduisant en latin les *Expériences nouvelles*.

VI. — *Visite de Descartes à Pascal, 23 et 24 septembre 1647*

Descartes était arrivé à Paris au commencement de septembre 1647, avec l'abbé Picot, de retour d'un voyage en Bretagne, en Poitou et en Touraine. Il vit Mersenne qui refit devant lui l'expérience du vide, et lui parla de celles de Rouen. Descartes désira voir Pascal. Le 22 septembre, il lui fit annoncer sa visite pour le lendemain.

Une lettre de Jacqueline écrite le 25 septembre à sa sœur Gilberte, Mme Périer, qui se trouvait alors à Rouen chez son père, Etienne Pascal, donne, sur cette entrevue, des renseignements incomplets, mais très importants.

Descartes arriva chez Pascal le lundi 23 septembre, à 10 heures du matin. Il était accompagné de cinq ou six personnes, M. Habert, M. de Montigny et son fils et quelques jeunes gens que Jacqueline ne connaissait pas. Roberval, que l'on avait prévenu, se trouva au rendez-vous.

On parla d'abord de la machine arithmétique que Roberval fit jouer; puis la conversation tomba sur l'expérience nouvelle. A Descartes qui tenait pour le plein, Pascal, qui tenait pour le vide, demanda « ce qu'il croyait qui fût entré dans la seringue ». Descartes soutint « que c'était de la matière subtile », sur quoi, ajoute Jacqueline, « mon frère répondit ce qu'il put ».

Il fut aussi question de la cause de la suspension du mercure dans le tuyau. Quelques jours auparavant Auzout avait écrit de Rouen pour demander quelles raisons Descartes donnait contre la *colonne d'air*. Sur des renseignements fournis par Mersenne, Jacqueline charge sa sœur Gilberte de répondre à Auzout que c'était Roberval qui combattait cette hypothèse, et que Descartes, au contraire, en était très partisan, « mais, ajoute-t-elle, pour des raisons que mon frère n'approuve pas ».

Ces raisons, Descartes les tirait sans doute de sa théorie du plein et des mouvements cycliques; pour ne point les approuver, Pascal ne devait pas nécessairement condamner l'hypothèse elle-même. L'admettait-il, avec Auzout, ou la rejetait-il, avec Roberval? Jacqueline ne nous en dit rien; elle affirme seulement que Descartes en est, lui, grand partisan. Il l'aura donc défendue, et il est possible dès lors qu'il ait été amené, par l'opposition qu'elle rencontrait, à proposer, pour en contrôler la vérité, de faire l'expérience du vide à des altitudes différentes; mais rien jusqu'ici ne nous permet de l'affirmer. Il faut attendre que de nouveaux documents ajoutent aux renseignements contenus dans la lettre de Jacqueline un complément d'informations.

Est-ce sur le plein et le vide, sur la colonne d'air, l'horreur du vide ou l'attraction, sur la portée ou l'inutilité de l'expérience de contrôle que Roberval parla avec un peu de chaleur et que Descartes répondit avec un peu d'aigreur? Il serait oiseux de chercher à le deviner.

Le fait est qu'ils s'en allèrent à midi, dans le même carrosse, « et là, dit Jacqueline, ils se chantèrent goguettes un peu plus fort que jeu, à ce que nous dit M. Roberval qui revint ici l'après-dînée, où il trouva M. Dalibray ».

Une note non datée, trouvée dans les papiers de Roberval et que l'histoire de ses idées, écrit M. Mathieu, permet de placer ici, nous donne peut-être l'opinion qu'il a défendue en cette rencontre. Dans un paragraphe intitulé *Contre la colonne d'air*, on lit ceci :

« La raison qui fait l'adhérence dans le tuyau est la même que celle qui la fait au dehors et qui cause les gouttes d'eau, sinon que cette raison est plus forte dans le tuyau, à cause que l'eau touche plus de superficie. »

Roberval aurait donc cru trouver dans les phénomènes capillaires, qu'il avait étudiés, l'analogie qu'il cherchait pour expliquer, par une attraction, la suspension du mercure. Est-ce là-dessus qu'il s'est échauffé?

L'entretien du 23 septembre avait duré deux heures, et Descartes revint le lendemain. Sur cette seconde visite, à laquelle Jacqueline n'assistait pas, nous avons très peu de détails.

« J'avais oublié de te dire, écrit-elle, que M. Descartes, fâché d'avoir été si peu céans, promit à mon frère de le venir revoir le lendemain à 8 heures. M. Dalibray, à qui on l'avait dit le soir, s'y voulut trouver et fit ce qu'il put pour y mener M. Le Pailleur, que mon frère avait prié d'avertir de sa part, mais il fut trop paresseux pour y venir... M. Descartes venait ici en partie pour consulter le mal de mon frère, sur quoi il ne lui dit pas grand chose; seulement, il lui conseilla de se tenir tous les jours au lit jusques à ce qu'il fût las d'y être et de prendre force bouillons. Ils parlèrent de bien d'autres choses, car il y fut jusques à onze heures; mais je ne saurais qu'en dire, car pour hier (24 septembre), je n'y étais pas, et je ne pus le savoir, car nous fûmes embarrassés toute la journée à lui faire prendre son premier bain. »

Ajoutons une remarque qui nous sera utile. Dans cette lettre, Jacqueline ne parle pas de Périer. S'il eût été en ce moment à Paris, le soin qu'elle prend de nommer ceux qui ont assisté à la visite du philosophe — sans oublier le poète Dalibray et Le Pailleur, qui y fut invité et n'y vint pas — lui eût fait dire, semble-t-il, ou que Périer en était, ou qu'il fut empêché de s'y trouver. Voici, d'ailleurs, d'autres documents qui appuient cette conjecture.

Le 13 septembre 1647, Le Tenneur, qui est en Auvergne, avait écrit au P. Mersenne, qui est à Paris : « M. Périer n'est pas encore arrivé, mais je sais qu'on l'attend impatiemment à Gergovie, où je me rendrai bientôt pour conférer avec lui. » S'exprimerait-il ainsi si Périer était à Paris? Ne s'informerait-il pas plutôt de la date de son retour?

Le 21 octobre 1647, Mersenne reçoit une nouvelle lettre de Le Tenneur :

« Nous avons maintenant M. Périer à Clermont, et il y a aujourd'hui huit jours qu'il nous fit voir chez lui l'expérience du vide en présence de plusieurs curieux de la ville. Parmi ceux qui s'y trouvaient, trois ou quatre personnes seulement demeurèrent d'accord que c'était un vrai vide, entre lesquels je vous avoue que je suis un, ne me pouvant contenter de ce qui fut dit au contraire par quelques opiniâtres péripatéticiens. »

De tout cela nous retiendrons que Périer était à Clermont le 13 octobre 1647, et qu'il n'était vraisemblablement pas à Paris le 23, le 24 et le 25 septembre.

VII. — *Première publication relative à l'expérience du vide à des altitudes différentes, 8 septembre-1er octobre 1647*

Mersenne, dont les forces baissent depuis la fin d'août, mais dont l'ardeur au travail n'est point éteinte, achève d'écrire ses *Reflexiones*.

L'hypothèse de Torricelli, nous l'avons vu, s'était heurtée, dès le début, à cette objection principale : l'air est trop lourd et l'atmosphère trop élevée pour que vingt-six pouces de vif-argent puissent en contrebalancer la pesanteur.

Or, Mersenne a repris l'étude du poids spécifique de l'air, et il croit avoir établi qu'il est, non pas quatre cents fois plus faible que celui de l'eau, comme le voulait Galilée, mais mille fois au moins. De cette donnée nouvelle, il tire des conséquences intéressantes. L'eau est quatorze fois environ plus légère que le vif-argent ; l'air est donc quatorze mille fois plus léger que celui-ci. Dès lors, la colonne d'air, dont la pesanteur ferait équilibre au vif-argent soulevé dans le tube de Torricelli, doit être quatorze mille fois plus élevée que cette colonne de mercure, qui a vingt-six pouces : ce cylindre d'air aurait donc deux lieues environ; en d'autres termes, l'air cesserait d'être pesant à deux lieues de la surface du sol.

L'attention de Mersenne s'absorbe, en ces calculs, dans la relation qui relierait la hauteur de l'atmosphère à celle de la colonne barométrique, et il s'arrête au résultat : l'air cesserait d'être pesant à deux lieues du sol.

Mais si le poids de l'air est la cause de la suspension du mercure dans le tube de Torricelli, et si la hauteur de l'atmosphère pesante ne dépasse pas deux lieues, il suffirait de s'élever de quelques centaines de toises pour voir baisser notablement la colonne barométrique. La conclusion est des plus simples, mais Mersenne achève d'écrire son livre, le 8 septembre 1647, sans nous dire s'il y a songé.

C'est alors que Descartes arrive à Paris, et discute du vide avec Mersenne, qui refait pour lui les expériences.

Or, entre le 8 septembre 1647 et le 1er octobre, date à laquelle l'impression des *Reflexiones* est terminée,

« peracta est haec impressio die 1 octobris 1647 », Mersenne écrit la première des deux préfaces qu'il y a jointes. C'est dans cette préface que l'on trouve, pour la première fois, l'exposé imprimé de l'expérience du vide à réaliser à des altitudes différentes.

« Si le cylindre d'air, écrit Mersenne, est la cause du vide contenu dans le tube, ou de la suspension du vif-argent, auquel il fait équilibre, il paraît que ce cylindre d'air sera plus court, et, partant, que le cylindre de vif-argent sera de moindre hauteur, lorsqu'on observera au sommet d'une tour ou d'une montagne... Si l'on expérimentait au sommet d'une montagne haute d'une lieue, le cylindre de mercure ne devrait plus mesurer qu'un pied et un demi-pouce. S'il n'en était pas ainsi, il faudrait en conclure que le cylindre d'air n'est pas l'explication de ce vide; à moins cependant que l'on ne prétende que la surface supérieure de l'air n'est point sphérique, mais qu'elle s'élève plus ou moins selon la variété du sol.

» D'ailleurs, si l'atmosphère est terminée par une sphère ayant même centre que la Terre, le cylindre de vif-argent doit être plus éle é à Rouen qu'à Paris, et plus élevé à Paris qu'à Dijon ou à Langres. Rouen, en effet, est plus bas que Paris, de toute la déclivité de la Seine; cette différence de niveau équivant peut-être à la hauteur des tours de Notre-Dame de Paris, ou de cette pyramide que l'on admire à Rouen; en outre, la déclivité de la Seine est encore plus grande, en amont de Paris, jusqu'à sa source; on en peut dire autant des autres fleuves.

» Que les Nantais mesurent donc la hauteur du cylindre de vif-argent en leur ville, et qu'ils comparent leurs observations à celles des habitants de Nevers ou de Langres. Ici même, nous avons trouvé qu'il n'y avait pas toujours la même hauteur; naguères, bien que le tube plongeât seulement dans le mercure, nous avons vu en présence d'illustres personnages, le vif-argent monter jusqu'à 2 pieds, 3 pouces et 2/3. Je puis citer comme témoins de cette observation un très noble jeune homme, doué d'une intelligence très élevée, César d'Estrées; le très illustre abbé de Longpont; et ces hommes célèbres qui se nomment Lannoy, docteur de la Faculté de Théologie, Descartes et Roberval. Une autre observation a donné un cylindre dont la hauteur était voisine de 2 pieds 1/3, soit 2 pieds et 4 pouces; elle avait pour témoin le R. P. Vatier, jésuite, les deux Messieurs Pascal, géomètres et philosophes éminents, et un grand nombre d'autres personnes.

» Cette circonstance méritait assurément d'être notée ; on devra désormais en tenir compte lorsqu'on expérimentera soit au niveau de la mer, soit en des lieux très élevés, et que l'on mesurera avec exactitude la hauteur des cylindres de mercure...

» D'ailleurs, j'incline à penser que l'on trouvera partout même hauteur à ces cylindres de mercure. Cela pourra provenir de ce que les changements d'altitude ne produisent aucun effet perceptible parce que la hauteur de l'air est trop grande ; c'est ce qui aurait lieu, par exemple, si les limites de l'atmosphère se trouvaient au delà de la Lune. Cela pourra provenir également d'autres causes inconnues de nous, ou bien encore de ce que la colonne d'air n'est pas la cause du phénomène. Alors et de nouveau nous resterions en présence d'une énigme. »

Voilà bien le plan très nettement tracé de l'expérience de contrôle dont le succès assurerait le triomphe de la théorie de Torricelli. Mersenne en a-t-il conçu l'idée, ou l'a-t-il reçue d'autrui?

« Nulle part, écrit M. Duhem, le génie propre de Mersenne ne se marque mieux qu'en ce passage. De l'hypothèse de Torricelli, son imagination lui suggère une épreuve caractéristique ; mais, tout aussitôt, son sens d'expérimentateur lui fait découvrir les causes qui peuvent rendre malaisé l'emploi de cette épreuve ; il use volontiers de subtilité pour prévoir les objections auxquelles une théorie prête le flanc ; cette subtilité lui fait deviner l'échappatoire qui sauverait l'hypothèse de Torricelli si l'expérience proposée ne donnait pas les résultats qu'annonce cette hypothèse; il se trouve ainsi que le Minime, après avoir clairement désigné la voie qui mènerait à la certitude, demeure dans le doute. »

Que Mersenne fût capable d'imaginer cette expérience, personne ne le contestera; personne non plus ne mettra en doute sa parfaite probité.

« Or, poursuit M. Duhem, lorsqu'il propose d'éprouver la théorie de Torricelli en observant le baromètre à diverses altitudes, il ne fait à personne l'honneur de cette idée ; il en parle en homme qui la tient pour sienne. A défaut d'autres raisons, celle-là ne nous autoriserait-elle pas à croire que cette pensée a germé spontanément dans l'esprit du Minime? »

M. F. Mathieu interprète d'autre façon ce passage de Mersenne. Il nous apporterait l'écho des discussions que la présence de Descartes à Paris a provoquées sur l'expérience de Torricelli. Or, de ceux qui y ont pris part, de Mersenne, Pascal, Roberval et Descartes, celui-ci est le seul dont nous sachions positivement qu'il est grand partisan de la « colonne d'air » ; n'était-il pas dès lors naturellement disposé à proposer le moyen de contrôler la vérité de cette hypothèse? Ce serait donc l'idée de Descartes que Mersenne traduirait, en la développant, dans la page que nous avons citée.

Entre ces deux opinions, il convient, avant de faire un choix, d'attendre, de documents nouveaux, de plus amples renseignements. S'ils confirment l'interprétation de M. F. Mathieu, nous pourrons en accepter le témoignage sans porter atteinte à la loyauté de Mersenne, car si le Minime n'attribue à personne l'idée de cette expérience, il n'affirme pas non plus qu'elle soit de lui; c'est de façon impersonnelle qu'il la présente et, à la fin, quand il nous donne son avis sur le résultat qu'il en attend, c'est pour nous dire qu'il n'a, en son succès, qu'une médiocre confiance.

Dans les derniers jours de septembre, Mersenne ajoute à ses *Reflexiones* une seconde préface. Son indécision reste entière : c'est moins à la colonne d'air dont Descartes est partisan, qu'à l'attraction, que préconise Roberval, que vont cette fois ses préférences. A tort ou à raison, il semble ranger Pascal parmi les défenseurs de l'attraction, et il exprime l'espoir que Pascal l'établira solidement dans le Traité auquel il travaille.

Sur tout cela, Mersenne promet une troisième préface dont sa mauvaise santé retarda la composition; elle deviendra, huit ou neuf mois plus tard, le *Liber novus praelusorius*, inséré dans ses *Harmonicorum lib. XII*, editio aucta, 1648.

VIII. — *Les Expériences nouvelles de Pascal, 8 octobre 1647*

Pendant que Mersenne achevait ses *Reflexiones*, Pascal préparait son premier livre consacré aux expériences du vide. Le permis d'imprimer est du 8 octobre 1647, et il est intitulé : *Expériences nouvelles touchant le vide*, faites avec des tuyaux, seringues, soufflets et siphons de plusieurs longueurs et figures, avec diverses liqueurs, comme vif-argent, eau, vin, huile, air, etc.; avec un discours sur le même sujet, où est montré qu'un vaisseau, si grand qu'on pourra le faire, peut être rendu vide de toutes les matières connues en la nature, et qui tombent sous nos sens; et quelle force est nécessaire pour faire admettre ce vide : dédié à M. Pascal, conseiller du roi en ses conseils d'État et privé, par le sieur B. Pascal, son fils; le tout réduit en abrégé et donné par avance d'un plus grand traité sur le même sujet. Paris, Margot, 1647.

« Que l'on relise, écrit M. Duhem, ces *Nouvelles Expériences*. Il ne faut pas être grand clerc pour pressentir que l'auteur a des idées de derrière la tête et que ces idées sont précisément celles que Torricelli mandait à Mersenne... Assurément celui qui conçoit et réalise de telles expériences possède la clé qui en ouvre l'interprétation; il sait qu'en la théorie de Torricelli se trouve l'explication véritable des faits qu'il constate; s'il n'était Pascal, il donnerait tout aussitôt ces faits pour preuves très certaines de cette théorie.

» Mais le sens critique de Pascal le met en garde contre cette hâtive conclusion; les *Nouvelles Expériences* touchant le vide tendent toutes à favoriser la doctrine de Torricelli; mais il n'en est aucune qui condamne sans conteste la doctrine de Galilée, aucune qu'un disciple du Pisan ne puisse, avec quelque effort, revendiquer pour son parti. L'auteur va donc laisser en suspens ce que la logique n'a point tranché; il exposera ses expériences

sans en tirer, sur la nature de la force qui suspend le vif-argent dans le tube barométrique, des conclusions qu'elles ne suffisent pas à justifier. »

Nous avons relu cet opuscule, que Pascal appelle son *Abrégé;* l'impression que nous en avons reçue n'est point celle que décrit M. Duhem. Ce sera, pour le lecteur, une raison de s'attacher aux citations qui vont suivre plutôt qu'au commentaire qui traduit notre impression.

Le titre est très net : ce sont des expériences « touchant le vide » que l'on va décrire; c'est la possibilité « du vide » que l'on va démontrer; c'est de « la force nécessaire pour faire admettre ce vide » que l'on va discourir. Or nulle part, nous a-t-il semblé, le contenu ne dément, ni ne dépasse le titre. Une seule idée nous est annoncée, et elle seule remplit tout l'ouvrage : le haut du tube de Torricelli est vide, de ce vide que l'École déclare impossible, que la nature abhorre, mais dont la puissance limitée et déterminée peut être vaincue. Aucune conclusion, aucune « maxime » ne trahit la préoccupation de la pesanteur de l'air ou de la pression atmosphérique et encore moins l'intention d'y recourir pour expliquer les phénomènes.

L'ouvrage s'ouvre par un avis « au lecteur ».

« Quelques considérations m'empêchent de donner à présent un Traité entier, où *j'ai rapporté* quantité d'expériences nouvelles que j'ai faites touchant le vide, et les conséquences que *j'en ai tirées;* j'ai voulu faire un récit des principales dans cet abrégé, où vous verrez par avance le dessein de tout l'ouvrage. »

Pascal parle de ce Traité, dont il nous donne ici l'*Abrégé*, comme d'une *œuvre achevée :*

« *J'ai divisé* le traité entier, dit-il, en deux parties, dont la première comprend le récit au long de toutes mes expériences *avec les figures*, et une récapitulation de ce qui s'y voit, divisée en plusieurs maximes; et la seconde, les conséquences que *j'en*

ai tirées, divisées en plusieurs propositions, où *j'ai montré* que l'espace vide en apparence, qui a paru dans les expériences, est vide en effet de toutes les matières qui tombent sous les sens, et qui sont connues dans la nature. Dans la conclusion, *je donne* mon sentiment sur le sujet du vide, et *je réponds* aux objections qu'on peut y faire. Ainsi, *je me contente de montrer un grand espace vide*, et je laisse à des personnes savantes et curieuses à éprouver ce qui se fait dans un tel espace : comme si les animaux y vivent, si le verre en diminue sa réfraction; et tout ce qu'on peut y faire : n'en faisant nulle mention dans ce traité. »

Si Pascal juge à propos de nous donner cet *Abrégé*, par avance, c'est pour prendre date :

« Ayant fait ces expériences avec beaucoup de frais, de peine et de temps, j'ai craint qu'un autre qui n'y aurait employé le temps, l'argent, ni la peine, me prévenant, ne donnât au public des choses qu'il n'aurait pas vues, et lesquelles par conséquent il ne pourrait pas rapporter avec l'exactitude et l'ordre nécessaire pour les déduire comme il faut : n'y ayant personne qui ait eu des tuyaux et des siphons de la longueur des miens et peu qui voulussent se donner la peine nécessaire pour en avoir. »

L'occasion de ces recherches fut « l'expérience d'Italie »; Pascal ne nomme pas Torricelli. Il décrit cette expérience, rappelle qu'elle fut « mandée de Rome au R. P. Mersenne », qui la divulgua en France, et que lui, Pascal, l'apprit de M. Petit avec lequel il la refit à Rouen. Elle le confirma « dans la pensée où il avait toujours été que *le vide n'était pas une chose aussi impossible dans la nature, et qu'elle ne le fuyait pas avec tant d'horreur que plusieurs se l'imaginent* ».

La possibilité de réaliser le vide, voilà donc ce que Pascal a considéré surtout, dans l'expérience de Torricelli.

Sans doute, avant cette expérience, on ne manquait pas d'arguments contre les thèses classiques, mais tout le monde ne les acceptait pas, et « je crus, dit-il, que cette expérience d'Italie était capable de convaincre ceux-là même qui sont les plus préoccupés de l'impossi-

bilité du vide ». Il n'en fut rien : on souleva contre elle maintes objections « qui lui ôtèrent la croyance qu'elle méritait ».

« Je me résolus donc de faire des expériences si convaincantes, qu'elles fussent à l'épreuve de toutes les objections qu'on pourrait y faire... Elles ont été si exactes et si heureuses, que j'ai montré par leur moyen, *qu'un vaisseau si grand qu'on pourra le faire, peut être rendu vide de toutes les matières qui tombent sous les sens*, et qui sont connues dans la nature, et *quelle force est nécessaire pour faire admettre ce vide*. C'est aussi par là que j'ai éprouvé la hauteur nécessaire à un siphon, pour faire l'effet qu'on en attend, après laquelle hauteur limitée, il n'agit plus;... comme aussi le peu de force nécessaire pour attirer le piston d'une seringue, sans qu'il y succède aucune matière, et beaucoup d'autres choses que vous verrez dans l'ouvrage entier, dans lequel j'ai dessein de montrer *quelle force* » — au point de vue de l'intensité — « *la nature emploie pour éviter le vide, et qu'elle l'admet et le souffre effectivement...* »

Toutes ces expériences sont « de son invention » ; il en réclame la propriété, mais il se défend « de ceux qui lui attribueraient celle d'Italie » qui n'est pas de lui.

Dans la première partie, Pascal décrit huit expériences faites avec seringues, soufflets, tuyaux et siphons de toutes longueurs, grosseurs et figures, chargés de différentes liqueurs ; toutes tendent au même but : *prouver la possibilité du vide*.

La troisième est celle qu'il fit à Rouen, dans la cour de la verrerie, avec un tuyau de quarante-six pieds rempli de vin (IV). Si on l'incline sur l'horizon, jusqu'à la hauteur de trente-deux pieds, « il se remplit entièrement ».

Rien n'indique que cette *expérience du tube incliné* (fig. 2) ait été déduite des lois de l'hydrostatique. Elle n'embarrassait pas les disciples de Galilée puisque, pour eux comme pour leur maître, la hauteur de la colonne liquide dont la pesanteur contrebalance la puissance

Fig. 2. — Empruntée à la *Technica Curiosa* de G. Schottz.

limitée de l'horreur du vide, devait être mesurée verticalement. Tout le monde la répétait. Roberval lui-même décrit cette expérience dans une lettre à Descartes où il combat l'hypothèse de la colonne d'air. Les figures des ouvrages de cette époque, celles des *Reflexiones* de Mersenne, entre autres, montrent constamment un tube incliné à côté d'un tube vertical : il sert à montrer *qu'il n'est pas resté d'air dans le tuyau*, puisque, quand on incline celui-ci, le mercure vient frapper le sommet du tube avec un bruit sec.

Encore sommes-nous certains que Pascal n'ait pas songé, dès le début, à rapprocher cette expérience de la pression atmosphérique?

Dans ses conférences publiques de Rouen, il l'avait montrée, et un des spectateurs, nous raconte Guiffart, lui avait posé cette question : « Si le tube avait 10 800 lieues de longueur, et si on l'inclinait jusqu'à ce qu'il devînt tangent à la terre, *le vide qui s'y trouvait quand il était vertical, aurait-il la force d'y faire entrer les 21 600 000 livres de mercure qui seraient nécessaires pour le remplir?* » — Guiffart ne nous dit pas ce que répondit Pascal, mais la question semble bien indiquer que c'est à la « force du vide » que le conférencier en appelait pour expliquer l'ascension du vif-argent jusqu'au sommet du tube incliné.

La sixième expérience surtout doit retenir notre attention.

« Une seringue avec un piston parfaitement juste, étant mise dans le vif-argent, en sorte que son ouverture y soit enfoncée pour le moins d'un pouce, et que le reste de la seringue soit élevé perpendiculairement au dehors : si l'on retire le piston, la seringue demeurant en cet état, le vif-argent entrant par l'ouverture de la seringue, monte et demeure uni au piston jusqu'à ce qu'il soit élevé dans la seringue deux pieds trois pouces ; mais après cette hauteur, si l'on retire davantage le piston, il n'attire pas le vif-argent plus haut, qui, demeurant toujours à

cette hauteur de deux pieds trois pouces, quitte le piston : de sorte qu'il se fait un espace vide en apparence, qui devient d'autant plus grand, que l'on tire le piston davantage. »

C'est ce qui arrive dans les pompes. Mais dans ce phénomène Pascal va chercher un nouvel argument en faveur de la seule chose qu'il ait en vue d'établir : *le haut du tube est vide de toute matière sensible.*

Il pèse « la seringue en cet état sans la retirer du vif-argent, ni la bouger en aucune façon », et il trouve « qu'elle pèse toujours autant que le corps de la seringue avec le vif-argent qu'elle contient de la hauteur » invariable de « deux pieds trois pouces », soit qu'il y ait un espace vide en apparence, grand ou petit, au-dessus du mercure, soit qu'il n'y en ait aucun, « c'est-à-dire, lorsque le piston n'a pas encore quitté le vif-argent de la seringue, mais qu'il est prêt de s'en désunir, si on le tire tant soit peu. De sorte que l'espace vide en apparence, quoique tous les corps qui l'environnent tendent à le remplir, *n'apporte aucun changement à son poids*, et que, quelque différence de grandeur qu'il y ait entre ces espaces, il n'y en a aucune entre les poids. »

Le raisonnement de Pascal revient à ceci : Si dans la chambre du baromètre se glissait, pour la remplir, une matière quelconque, il en entrerait d'autant plus que cette chambre serait plus grande. Mais, cette matière étant pesante, sa pesanteur s'ajouterait à celle de l'appareil dans lequel elle pénètre. Le poids total de celui-ci devrait donc varier avec les dimensions de la chambre barométrique. Or, l'expérience montre qu'il n'en est pas ainsi. Donc rien n'est entré dans le vide apparent du tube.

Cette expérience, dit M. Mathieu, est « absurde. Ou bien Pascal ne l'a pas faite, ou bien il l'a mal faite et mal interprétée... Il aurait toujours trouvé le même poids. Pascal ne croyait donc pas encore à la pesanteur de l'air. »

Seul, en effet, un disciple de Galilée, uniquement préoccupé de l'horreur du vide et ne possédant pas la notion de la pression engendrée par une atmosphère

pesante, pouvait imaginer cette expérience, lui donner un sens et en accepter le résultat. Pascal, dans ses *Expériences Nouvelles* en est donc là. Plus tard, dans ses Traités posthumes il reconnaîtra qu'il a fait fausse route ; il passera de l'École de Galilée à celle de Torricelli. En possession alors des principes qui lui manquent maintenant, il comprendra que la variation du *volume vide* entraîne celle de la poussée de l'air sur la seringue suspendue au fléau de la balance, et, par suite, qu'elle retentit sur les pesées ; il se convaincra sans peine qu'il n'a pu trouver jadis les mêmes poids dans toutes ses pesées — si, de fait, il les a exécutées — qu'en y employant une balance de sensibilité inférieure à ce qu'elle eût dû être pour obéir à la variation de la poussée. Il verra, ce qu'il ne voit pas ici, que son expérience est « absurde » et il la supprimera de ses Traités posthumes.

Voilà, nous semble-t-il, très nettement manifesté, l'état d'esprit de Pascal à l'époque de la composition de son *Abrégé*. C'est de Galilée qu'il s'inspire et non de Torricelli. La pesanteur de l'air et la pression atmosphérique sont étrangères à ses préoccupations ; il s'en tient à l'horreur du vide. Si cet opuscule est bien, comme il l'affirme, le résumé fidèle d'un grand Traité déjà prêt, ce Traité prolonge les *Discours et Démonstrations* de l'illustre Pisan. N'est-ce pas, en effet, à « la repugnanza al vacuo », à « la quantità della forza del vacuo », à « l'altezza limitatissima » que Pascal songe uniquement quand il énonce ses conclusions sous forme de « Maximes » ?

« I. Que tous les corps ont de la répugnance à se séparer l'un de l'autre, et à admettre du vide dans leur intervalle, c'est-à-dire que *la nature abhorre le vide.*

» II. Que *cette horreur ou répugnance qu'ont tous les corps n'est pas plus grande pour admettre un grand vide qu'un petit...*

» III. Que *la force de cette horreur est limitée, et pareille à celle avec laquelle l'eau d'une certaine hauteur, qui est à peu près de trente et un pieds, tend à couler en bas.*

» IV. Que les corps qui bornent ce vide ont inclination à le remplir.

» V. Que cette inclination n'est pas plus forte pour remplir un grand vide qu'un petit.

» VI. Que la force de cette inclination est limitée et *toujours égale* à celle avec laquelle l'eau d'une certaine hauteur, qui est environ de trente et un pieds, tend à couler en bas. »

Pascal dit « *toujours égale* »; serait-ce trahir sa pensée que de comprendre « *partout égale* », ce qui exclurait l'idée même de poursuivre les recherches en expérimentant à des altitudes différentes? — Nous ne le pensons pas. Sous la plume de Galilée « toujours » et « partout » seraient ici certainement synonymes. Or, Pascal suit son maître pas à pas; lui-même d'ailleurs traduit autre part « toujours égale » par « partout égale ».

Dans sa lettre à Périer, que nous rencontrerons bientôt, il affirme que pour les partisans de l'horreur du vide — et il est du nombre pour le moment — la colonne barométrique doit avoir la même hauteur au pied et au sommet d'une montagne, puisque la nature a, au bas et au haut, cette même horreur du vide dont « la force est limitée et toujours égale », partout et dans les mêmes circonstances, « à celle avec laquelle l'eau d'une certaine hauteur, qui est environ de trente et un pieds, tend à couler en bas ». Il l'affirme encore dans un passage des « conclusions » de ses Traités posthumes que nous citons en note. M. Mathieu, qui l'a signalé, le résume ainsi : « Après mes expériences de Rouen, je ne pensais pas à la pesanteur de l'air; le coupable c'est Galilée qui n'a pas dit que la hauteur du mercure », ou de l'eau dans les pompes, « varie avec les altitudes » (1).

(1) « Galilée déclare, dans ses *Dialogues*, qu'il a appris des fontainiers d'Italie, que les pompes n'élèvent l'eau que jusqu'à une certaine hauteur : ensuite de quoi il l'éprouva lui-même; et d'autres ensuite en firent l'épreuve en Italie,

Et ce n'est pas seulement en 1646, après ses expériences de Rouen, c'est encore en 1647, à l'époque où il rédige son *Abrégé* que Pascal, disciple de Galilée, partisan, comme lui, de l'horreur du vide, doit, pour rester fidèle à ses principes, tenir pour vain le projet d'expérimenter à des altitudes différentes. Dès lors, si un document digne de foi venait affirmer qu'au cours de la visite de Descartes, antérieure à la publication de l'*Abrégé*, Pascal s'est montré défavorable à ce projet, rien, dans ses idées, ne nous empêcherait d'en accepter le témoignage.

et depuis en France avec du vif-argent, avec plus de commodité, mais qui ne montrait que la même chose en plusieurs manières différentes.

» Avant qu'*on* en fut instruit, il n'y avait pas lieu de démontrer que la pesanteur de l'air fût ce qui élevait l'eau dans les pompes; puisque cette pesanteur étant limitée, elle ne pouvait pas produire un effet infini.

» Mais toutes ces expériences ne suffirent pas pour montrer que l'air produit ces effets; parce qu'encore elles nous eussent tiré d'une erreur, elles nous laissaient dans une autre : car *on* apprit bien par toutes les expériences, que l'eau ne s'élève que jusqu'à une certaine hauteur, mais *on* n'apprit pas qu'elle s'élevât *plus haut dans les lieux profonds* : ON *pensait, au contraire, qu'elle s'élevait toujours à la même hauteur, qu'elle était invariable en tous les lieux du monde; et comme* ON *ne pensait point à la pesanteur de l'air*, ON s'imagina que la nature de la pompe est telle qu'elle élève l'eau à une certaine hauteur limitée, et puis plus. Aussi Galilée la considéra comme la hauteur naturelle de la pompe, il l'appelle *la altezza limitatissima*.

» *Aussi comment se fût-*ON *imaginé que cette hauteur eût été variable suivant la variété des lieux? Certainement cela n'était pas vraisemblable;* et cependant cette dernière erreur mettait encore hors d'état de prouver que la pesanteur de l'air est la cause de ces effets; car comme elle est plus grande sur le pied des montagnes que sur le sommet, il est manifeste que les effets y seront plus grands à proportion.

» C'est pourquoi *je* conclus qu'*on* ne pouvait arriver à cette preuve qu'en faisant l'expérience en deux lieux élevés, l'un au-dessus de l'autre, de quatre cents ou cinq cents toises; et *je* choisis pour cela la montagne du Puy-de-Dôme en Auvergne, par la raison que *j'ai* déclarée dans un petit écrit que *je* fis imprimer dès l'année 1648, aussitôt qu'elle eut réussi. »

C'est en ces termes embrouillés que Pascal explique l'évolution de ses idées, à laquelle nous assisterons. Pour le moment, nous ne voulons voir dans ce passage que la confirmation de ce que nous disions plus haut : l'expression « toujours égale » signifie, dans l'*Abrégé* « partout égale » et exclut l'idée de l'expérience du vide à des altitudes différentes. Le lecteur jugera si, dans ce passage; comme M. Mathieu en fait la remarque, le « *on* » janséniste, inventé par Pascal, est mis pour « *je* ». Il faudrait en conclure que Pascal admettait, à la règle, des exceptions : « *on* » serait employé aussi longtemps qu'il s'agit de confesser une erreur passagère; le « *je* » réapparaîtrait dès qu'il s'agit de déclarer qu'*on* a dissipé l'erreur universelle.

Achevons de transcrire les « Maximes » :

« VII. Qu'une force plus grande, de si peu que l'on voudra, que celle avec laquelle l'eau de la hauteur de trente et un pieds tend à couler bas, suffit pour faire admettre du vide, et même si grand que l'on voudra ; c'est-à-dire, pour faire désunir les corps d'un si grand intervalle que l'on voudra, *pourvu qu'il n'y ait point d'autre obstacle à leur séparation, ni à leur éloignement, que l'horreur que la nature a pour le vide.* »

C'est encore la pensée de Galilée que Pascal reproduit ici. Dans la deuxième partie de l'*Abrégé*, Pascal rapporte « les conséquences de ces expériences, touchant la matière qui peut remplir l'espace vide en apparence ».

Il n'est pas rempli « de l'air extérieur... entré par les pores du verre »; ni de l'air « que quelques philosophes disent être enfermé dans les pores de tous les corps » et par suite « de la liqueur qui remplit le tuyau »; ni « d'un grain d'air imperceptible » entré accidentellement ; ni des vapeurs du vif-argent ou de l'eau ; ni « des esprits » de ces liqueurs ; ni « d'un air plus subtil » ; bref, ce vide apparent « n'est rempli d'aucune des matières qui tombent sous aucun sens ».

« Mon sentiment sera donc, jusqu'à ce qu'on m'ait démontré l'existence de quelque matière qui le remplisse, qu'il est véritablement vide, et destitué de toute matière.

» C'est pourquoi je dirai du vide véritable ce que j'ai montré du vide apparent, et je tiendrai pour vraies les maximes posées ci-dessus, et énoncées du vide absolu comme elles l'ont été de l'apparent. »

Dans le Traité dont il nous donne l'*Abrégé*, Pascal répond, dit-il, à certaines « objections » qu'il énonce ici. Elles ont trait au vide, et il n'en est plus question dans les Traités posthumes, écrits sous une tout autre inspiration.

Enfin Pascal nous apprend qu'il adressa « des exemplaires de ce petit livre » non seulement à ses amis de

Paris, mais « en toutes les villes de France » où il avait l'honneur de connaître des personnes curieuses de ces matières; on en reçut « quinze ou trente en la seule ville de Clermont », et le P. Mersenne, « ne se contentant pas d'en voir par toute la France », en adressa « en Suède, en Hollande, en Pologne, en Allemagne, en Italie et de tous les côtés ». Si Mersenne songea à en envoyer un exemplaire à Torricelli, il dut arriver trop tard : l'illustre savant était mort le 25 octobre 1647.

Les « révérends Pères Jésuites », que Pascal range parmi ses amis de Paris, ne furent pas oubliés ; « quelques-uns même d'entre-eux prirent sujet d'en écrire ». Le P. Noël, recteur du Collège de Clermont, à Paris, fut du nombre.

IX. — *Correspondance du P. Noël et de Pascal, 8-29 octobre 1647*

Professeur de Descartes à la Flèche, le P. Noël s'intéressait aux travaux de son ancien élève, et cherchait à accorder, dans son enseignement, les principes d'Aristote avec ceux du novateur (1). Les « maximes » de l'*Abrégé* l'effarouchèrent; il crut devoir rappeler à l'auteur, dans une lettre courtoise, les raisons de l'ancienne et de la nouvelle école contre le vide :

Les expériences de Pascal sont « fort belles et ingénieuses », mais Noël n'entend pas « ce vide apparent qui paraît dans le tube ». Ce prétendu vide est à ses yeux « un corps, puisqu'il a les actions d'un corps, qu'il transmet la lumière avec réfraction et réflexion »; à son avis, il faut admettre que le vif-argent, en descendant dans le tuyau, « tire après soi un autre corps »; cet autre corps « est un air épuré qui entre par les petits pores du

(1) Descartes écrivait au mois de novembre 1646, à propos d'un ouvrage du P. Noël, qu'il était « heureux de reconnaître que les Pères de la Compagnie de Jésus ne s'attachaient pas tant aux anciennes opinions qu'ils n'en osaient proposer aussi de nouvelles ».

verre », en sorte qu'il y a « continuité » des éléments entre l'air du dehors, « tiré et attaché au verre », le sommet du tube, l'air subtil qui remplit le vide apparent et le mercure. Mais l'air subtil tend à reprendre « son mélange » avec l'air du dehors, et c'est cette tendance qui contrebalance le poids de la colonne liquide soulevée. Ceci « doit s'entendre de toutes les autres violences qui se rencontrent dans toutes les autres expériences ».

Pascal répond au P. Noël le 29 octobre 1647. Cette lettre, qu'il rendra publique, est moins un plaidoyer pour le vide, qu'un réquisitoire, au ton tranchant, contre la matière subtile.

« On ne doit jamais porter un jugement décisif de la négative ou de l'affirmative d'une proposition... que l'esprit n'ait aucun moyen de douter de sa certitude, et c'est ce que nous appelons principe ou axiome »;... ou qu'elle se déduise « par des conséquences infaillibles ou nécessaires de principes ou d'axiomes... Tout ce qui a une de ces deux conditions, est certain et véritable, et tout ce qui n'en a aucune passe pour douteux et incertain » et ne peut être appelé que « vision, caprice, fantaisie, idée, et tout au plus belle pensée ». Le vide apparent est un corps, dites-vous, « puisqu'il a les actions d'un corps »; avant d'en raisonner ainsi il faudrait « être demeuré d'accord de la définition de l'espace vide, de la lumière et du mouvement ». Mais « la nature de la lumière est inconnue, et à vous et à moi », nous ne connaissons pas mieux « celle du mouvement »...

La matière subtile! mais ses partisans inventent à la fois, et son existence et ses qualités. Montrez-la, leur dit-on, faites-la entendre... Elle n'est pas visible, répondent-ils, elle ne peut être ouïe,... et « ils pensent avoir beaucoup fait quand ils ont mis les autres dans l'impossibilité de montrer qu'elle n'est pas en s'ôtant à eux-mêmes tout pouvoir de montrer qu'elle est...

» Considérez, je vous prie, que tous les hommes ensemble ne sauraient démontrer qu'aucun corps succède à celui qui quitte l'espace vide en apparence, et qu'il n'est pas possible encore à tous les hommes de montrer que quand l'eau y remonte, quelque corps en soit sorti. Cela ne suffit-il pas, suivant vos maximes, pour assurer que cet espace est vide? Cependant je dis simplement que mon sentiment est qu'il est vide. Jugez si ceux qui parlent avec tant de retenue d'une chose où ils ont droit de

parler avec tant d'assurance, pourront faire un jugement décisif de l'existence de cette matière ignée si douteuse et si peu établie. »

Pascal critique l'application qui en est faite à ses expériences, et il en prend occasion pour rappeler à son correspondant les règles de l'hypothèse.

« Encore que de votre hypothèse s'ensuivissent tous les phénomènes de mes expériences », elle demeurerait toujours « dans les termes de la vraisemblance »; pour qu'elle arrivât « à ceux de la démonstration », il faudrait prouver qu'aucune autre hypothèse ne peut rendre compte de ces expériences. « Mais j'espère vous faire un jour voir plus au long, que de son affirmation (l'existence de la matière subtile) s'ensuivent absolument des choses contraires aux expériences (1). Et pour vous en toucher ici une en peu de mots, s'il est vrai, comme vous le supposez, que cet espace soit plein de cet air plus subtil, igné, et qu'il ait l'inclination que vous lui donnez, de rentrer dans l'air d'où il est sorti, et que cet air extérieur ait la force de le retirer *comme une éponge pressée*, et que ce soit de cette attraction mutuelle que le vif-argent se tienne suspendu, et qu'elle le fait remonter même quand on incline le tuyau : il s'ensuit nécessairement que quand l'espace vide en apparence sera plus grand, une plus grande hauteur de vif-argent doit être suspendue (contre ce qui paraît dans les expériences). »

Pascal ne s'explique pas sur la cause de la suspension du mercure. Dans cette lettre, comme dans son *Abrégé*, c'est pour le vide, contre la matière subtile, qu'il bataille.

Le P. Noël se hâta de lui répondre.

C'est « avec admiration » qu'il a lu cette lettre « vraiment docte, claire et courtoise »; il en remercie Pascal « très humblement et de tout cœur ». « J'aime la vérité, dit-il, et la recherche sans préoccupation, dans vos sentiments », à la façon de ceux « qui veulent voir et non pas croire ce qui peut se savoir ».

(1) Descartes qui lira cette lettre s'informera plus tard si Pascal a publié la critique qu'il annonce ici.

Mais l'impossibilité du vide lui tient au cœur, non moins que la matière subtile, et il en reprend la défense, en invoquant la distinction de la démonstration mathématique et de la démonstration physique. D'ailleurs, il abandonne volontiers l'explication qu'il a donnée de la suspension du mercure dans le tube, et il en propose une autre.

« Comparons le vif-argent qui est dans le tube avec celui qui est dans la cuvette, comme le poids qui est dans un bassin de la balance, avec le poids qui est dans l'autre : si celui qui est dans la cuvette pèse plus que celui qui est dans le tube, il descendra et fera monter celui qui est dans le tube,... au contraire, si celui qui est dans le tube est plus pesant que celui de la cuvette, il descendra, et fera monter celui de la cuvette jusqu'à l'égalité de la pesanteur. »...Or, ici c'est le mercure de la cuvette qui a l'avantage par dessus l'autre, et cet avantage « se prend de l'air qui pèse sur celui de la cuvette, et ne pèse pas sur celui du tube ».

» Cela veut dire que l'air commun que nous respirons soit pesant, on n'en doute pas, après avoir pesé une canne à vent devant et après l'avoir chargée. L'air qui couvre la surface du vif-argent dans le tube ne descend pas, soit pour être retenu par le verre qui demeure, soit pour avoir quitté son plus grossier qui le rendait pesant : d'où s'ensuit qu'il ne pèse, ni ne charge point le vif-argent ; petit ou grand, il n'importe, ne pesant non plus grand que petit, puisqu'il ne pèse point ; mais celui qui est sur la surface de la cuvette pèse et la charge... Cette réponse est commune à l'eau d'environ trente-trois pieds ».

Ainsi, dans la pensée de Noël, la théorie de Torricelli se concilie avec la croyance au plein de Descartes.

Quelle influence cette explication a-t-elle pu exercer sur les idées de Pascal? Aucune peut-être. Quoi qu'il en soit, il laissa passer l'occasion qui lui était offerte de s'expliquer sur la pression atmosphérique : il ne répondit pas à la lettre du P. Noël.

X. — *Publication de la lettre de Petit à Chanut. Expérience de la « vessie de Carpe », novembre 1647*

Dans le courant du mois de novembre 1647, parut à Paris une brochure intitulée : *Observation touchant le vuide faite pour la première fois en France :* contenue en une lettre écrite à M. Chanut, Résident pour sa Majesté en Suède, par M. Petit, intendant des fortifications, le 10 novembre 1646. Avec le discours qui a été imprimé en Pologne, sur le même sujet, en juillet 1647. Paris, 1647. Le privilège est daté du 12 novembre 1647

La lettre de Petit à Chanut est celle que nous avons déjà analysée (IV). Le discours imprimé en Pologne, qui l'accompagne ici, n'est autre chose que la *Demonstratio ocularis* du P. Magni (V).

Dans la dédicace à Séguier, l'éditeur de la brochure, qui signe Dominicy, se dit indigné qu'on ait publié ailleurs les observations de Petit « sans lui en rendre la gloire ». Dans la préface, il accuse Magni de s'être vanté d'avoir été le premier à faire l'expérience du vide, alors qu'il n'avait réalisé que ce qui avait été « écrit » — ceci est inexact — « et fait en France neuf mois auparavant, pendant lesquels on en pourrait porter la nouvelle en Chine », et sur les indications d'un gentilhomme français qui était parti pour la Pologne, après avoir assisté aux expériences de Rouen. D'ailleurs, Pascal avait bien enchéri sur ces premières observations.

Dominicy conteste formellement à Torricelli — qui vient de mourir — « la gloire de l'invention » pour la donner à Galilée qui, dans ses *Discours et démonstrations mathématiques,* a enseigné qu'on peut faire le vide avec une seringue et qu'on ne peut faire monter l'eau plus haut que trente-deux pieds. Pour un partisan convaincu de l'horreur limitée du vide, Galilée est, de

fait, l'inventeur et le maître ; Pascal est son continuateur immédiat et son très digne disciple. Quant à Torricelli, il s'est tout bonnement fourvoyé, en substituant à l'horreur du vide la pesanteur de l'air : il n'y a pas lieu d'en tenir compte.

Quel est donc ce Dominicy ? — Son nom ne se retrouve nulle part ailleurs. Lui-même reconnaît qu'il n'agit pas à l'instigation de Petit que le hasard a mêlé un instant à ses recherches et qui s'est toujours opposé à la publication de sa lettre; si Dominicy la donne quand même au public, c'est « parce qu'elle fait partie de l'histoire de cette nouveauté, et que l'auteur est comme le premier mobile qui a donné le branle à tout ce qui s'est fait et dit depuis sur cette matière ». C'est d'après une copie que Pascal avait conservée de cette lettre et avec son assentiment qu'il la publie. Dominicy est donc un ami et, peut-être, dit M. Mathieu, un pseudonyme de Pascal. Il ne donne ni le nom du « gentilhomme français », parti de Rouen pour la Pologne et qui aurait instruit Magni, ni la preuve que Magni l'ait rencontré.

En écartant Torricelli, qui s'est trompé, et Magni, un intrus, pour ne conserver que Galilée, l'inventeur de l'horreur limitée du vide, Petit, « qui a donné le branle » aux recherches nouvelles, mais qui s'efface de bonne grâce, et « Pascal le jeune, digne fils d'un illustre père », qui « a beaucoup enchéri par-dessus ces observations » et qui traitera « tout cela dignement, à plein fonds », Dominicy a vraisemblablement pour but d'établir que l'auteur de l'*Abrégé* procède immédiatement de Galilée, et qu'il est après lui l'artisan par excellence de cette théorie de l'horreur limitée du vide dont il assurera bientôt le triomphe définitif. Si cette interprétation est exacte, et parce que Dominicy est un ami de Pascal ou peut-être Pascal lui-même, ne peut-on voir, dans la publication de cette brochure, la confirmation de l'idée

que nous suggérait la lecture de l'*Abrégé* : Pour le moment, l'ambition de Pascal est de prolonger Galilée? C'est à cela qu'il s'applique.

A cette époque, Roberval aussi multipliait les expériences. Un jour, il jette au fond de son tube une « vessie de carpe » après l'avoir comprimée, complètement vidée — croit-il — séchée et soigneusement fermée. Aussitôt le tube renversé et le mercure descendu, il la voit se gonfler. D'où vient ce prodige? N'a-t-il pas vidé la vessie? Mais alors son gonflement ne peut être attribué qu'à l'intervention d'une matière subtile, venue du dehors et qui s'y est insinuée! Descartes a peut-être raison et, avec lui, les péripatéticiens : la chambre barométrique n'est pas vide. — C'est à cette idée que Roberval s'arrête d'abord, à la grande joie de Pierius qui enregistre cette conversion de l'illustre mathématicien à la théorie du plein (1). Un instant, les conclusions de l'*Abrégé* de Pascal paraissent ébranlées. Mais on finit par s'apercevoir que l'intervention de la matière subtile n'expliquerait rien : « Elle passe partout, écrira Mersenne à Huygens, aussi facilement que l'eau par un filet de pêcheur, et, partant, elle passerait à travers la vessie sans l'enfler ». Plus tard, dans son *Liber novus praelusorius*, entre plusieurs hypothèses imaginées pour expliquer ce fait nouveau, le Minime donnera la véritable interprétation : c'est à l'expansion de l'air resté dans la vessie, et que ne contrarie plus la pression de l'air extérieur, qu'est dû son gonflement. Dès lors, l'expérience de Roberval servira à confirmer la théorie de la pression atmosphé-

(1) Il écrit, dans sa *Responsio ex peripateticae Philosophiae principiis desumpta*, à propos de cette expérience : « His diebus, Dominus de Roberval, mathematicarum disciplinarum professor meritissimus hanc experientiam publice videndam exhibuit... Aperte fatetur partem illam tubi superiorem vacuam non remanere, quod magni est momenti in mathematico qui contrariam sententiam huc usque mordicus docuerat. »

rique. Quand Pascal, en 1649, fera l'ascension du Puy-de-Dôme emportant avec lui un ballon « flasque et mol » déprimé et bouché, qui se gonflera pendant la montée; quand Boyle introduira ce ballon sous le récipient de la machine pneumatique, comme on le fait aujourd'hui dans les cours de physique, ils répéteront l'expérience que le hasard apprit à Roberval, au profit de l'hypothèse de Torricelli.

XI. — *Lettre de Pascal à Périer, 15 novembre 1647*

Cette lettre est un des documents les plus importants que nous ayons à analyser; on nous permettra de nous y arrêter longtemps.

L'autographe n'en a jamais été signalé par personne; on ne la connaît que par le texte que Pascal fit imprimer, en novembre ou décembre 1648, et que ses héritiers, qui le trouvèrent dans ses papiers après sa mort, publièrent en 1663. Elle est adressée à Périer, mais elle donne l'impression d'un morceau littéraire destiné au grand public. Elle est datée du 15 novembre 1647, mais cette date jure avec son contenu. Enfin, ses affirmations les plus catégoriques s'accordent mal avec d'autres documents qui devraient les appuyer; quelques-unes semblent même formellement controuvées.

A cette date du 15 novembre 1647 et dans cette lettre, Pascal entretient son beau-frère de « méditations physiques ». Cet entretien, écrit-il, « ne sera qu'une continuation de ceux que nous avons eus ensemble touchant le vide »; or il lui parle comme il le ferait à un correspondant étranger au sujet, à ses travaux et à ses idées.

Il rappelle d'abord le sentiment des philosophes : « tous ont tenu pour maxime que la nature abhorre le vide, et presque tous... qu'elle ne peut l'admettre.

» J'ai travaillé dans mon *Abrégé* du Traité du vide, à détruire cette dernière opinion... Je travaille maintenant à examiner la vérité de la première; savoir, que la nature abhorre le vide, et à chercher des expériences qui fassent voir si les effets que l'on attribue à l'horreur du vide, doivent être véritablement attribués à cette horreur du vide, ou s'ils doivent l'être à la pesanteur et pression de l'air; car, pour vous ouvrir franchement ma pensée, j'ai peine à croire que la nature, qui n'est point animée, ni sensible, soit susceptible d'horreur... et j'incline bien plus à imputer tous ces effets à la pesanteur et pression de l'air, parce que *je ne les considère que comme des cas particuliers d'une proposition universelle de l'équilibre des liqueurs, qui doit faire la plus grande partie du Traité que j'ai promis.* Ce n'est pas que *je n'eusse ces mêmes pensées lors de la production de mon Abrégé;* et toutefois, faute d'expériences convaincantes, je n'osai pas alors (et je n'ose pas encore) me départir de la maxime de l'horreur du vide, et je l'ai même employée pour maxime dans mon *Abrégé* : n'ayant alors d'autre dessein que de combattre l'opinion de ceux qui soutiennent que le vide est absolument impossible. »

Ainsi l'*Abrégé*, publié il y a un mois, ne serait pas, comme l'insinue l'avis au lecteur, le résumé d'un traité achevé, dont « quelques considérations » retardent la publication, et où Pascal a mis toute sa pensée. Il y emploie « la maxime de l'horreur du vide », mais sans y croire, par scrupule de méthode. Ce qui est plus étrange, il y donne place à cette sixième expérience que nous avons analysée (VIII), qui n'a de sens que pour un partisan de l'horreur du vide auquel manque la notion de la pression engendrée par une atmosphère pesante, et il croyait, quand il l'a imaginée et réalisée, à la pesanteur de l'air. Bien plus, il était en possession « d'une proposition universelle de l'équilibre des liqueurs », dont tous ces effets de la pesanteur et de la pression de l'air ne sont que des cas particuliers.

Mais cette proposition universelle, que nous appelons aujourd'hui le *Principe de Pascal* et qu'il a pu emprunter aux *Cogitata physico-mathematica* de Mersenne, n'est-ce pas précisément la notion qui devait lui *manquer* pour

pouvoir imaginer la sixième expérience, lui trouver un sens et en accepter le résultat, et qu'il devra *posséder* pour écrire ses Traités posthumes, d'où il fera disparaître cette sixième expérience qui lui est inconciliable? S'il n'a pas vu cette contradiction en rédigeant son *Abrégé,* n'est-ce pas que l'horreur du vide absorbait alors toute sa pensée, ou au moins que ses principes sur la pesanteur de l'air et la pression atmosphérique étaient vagues, et sans emploi? S'il a vu la contradiction et a passé outre, que deviennent ces scrupules de méthode et cette rigueur impitoyable qui lui défendent de rien avancer qui ne soit très exactement démontré? — Gardons-nous cependant de donner à cette contradiction une portée qu'elle n'a peut-être pas. Si l'on accorde au bon Homère de sommeiller parfois, pourquoi refuserait-on à Pascal l'excuse d'en faire autant? La sixième expérience pourrait être le résultat d'une distraction; ce n'est pas l'interprétation la plus vraisemblable, mais c'est la plus favorable qu'on puisse en donner.

« Je ne saurais mieux vous témoigner la circonspection que j'apporte avant que de m'éloigner des anciennes maximes, poursuit Pascal, que de vous remettre dans la mémoire l'*expérience que je fis ces jours passés* en votre présence avec deux tuyaux, l'un dans l'autre, qui montrent apparemment le vide dans le vide. »

Pascal n'a pas quitté Paris à cette époque; il faut donc que Périer y soit venu « ces jours passés ». Nous savons, par la lettre du 21 octobre 1647 de Le Tenneur à Mersenne, qu'à cette date Périer est à Clermont et qu'il y a fait voir, aux curieux de la ville, l'expérience du vide huit jours auparavant, soit le 14 octobre. D'autre part, la lettre du 25 septembre 1647 de Jacqueline à Gilberte nous autorise à admettre que Périer n'est plus ou n'est pas encore à Paris lors de la visite de Descartes à Pascal, les 23 et 24 septembre 1647 (VI).

Si la présence de Périer à Paris est *antérieure* au 23 septembre, l'expression « ces jours passés », toute vague qu'elle est, s'applique mal, surtout sous la plume si précise de Pascal, à des entretiens vieux de plus de deux mois. D'autre part, si le séjour de Périer à Paris est *postérieur* à la lettre de Jacqueline, deux hypothèses se présentent : c'est entre le 25 septembre et le 14 octobre, date à laquelle Périer donne des conférences à Clermont, ou entre le 15 novembre et le 21 octobre, date à laquelle Le Tenneur nous apprend qu'il est rentré en Auvergne, qu'il faut placer son voyage. La première hypothèse donnerait à l'expression « ces jours passés » ce sens moins inacceptable : « il y a six semaines » ; mais en supposant même que Périer soit arrivé à Paris le 26 septembre, le lendemain du jour où Jacqueline écrivait à Rouen, et qu'il se soit mis à donner des conférences à Clermont le 14 octobre, le lendemain de son arrivée en cette ville, il n'y a pas place, entre ces deux dates, pour un séjour à Paris et le voyage de retour en Auvergne. Il n'y en a pas non plus, dans la seconde hypothèse, en supposant même que Périer ait quitté Clermont pour Paris le 21 octobre, et que Pascal lui ait écrit, le 15 novembre, le lendemain de son départ de Paris.

« Ce n'était pas une petite affaire, écrit M. F. Mathieu, que d'aller de Clermont à Paris. Même en 1780, le carrosse ne partait qu'une fois par semaine et était huit jours en route. Mais en 1647, il n'y avait pas encore de voiture publique ; les routes étaient mauvaises et peu sûres ; un modeste fonctionnaire, comme Périer, qui ne pouvait armer une escorte, était obligé d'attendre que d'autres personnes fussent disposées à faire le voyage pour se joindre à leur caravane. »

Ajoutons que l'on ne trouve nulle part la moindre trace de ce séjour de Périer à Paris.

Toutefois, l'expression « ces jours passés » est trop imprécise pour que la difficulté d'amener Périer à Paris

au voisinage du 15 novembre 1647, puisse seule servir de base à une conclusion importante; elle pourrait toutefois fournir un argument de seconde ligne pour confirmer ce que d'autres données plus nettes nous auraient appris.

Mais quelle est cette expérience « avec deux tuyaux l'un dans l'autre, qui montre apparemment le vide dans le vide », que Pascal fit devant Périer « ces jours passés » et dont il prend la peine de lui décrire les différentes phases? — Il n'en est pas question dans l'*Abrégé*, et il n'y est fait aucune allusion dans la lettre au P. Noël. Pascal en parle ici pour la première fois, et la seule fois. Il ne dit pas qu'il l'ait inventée, il affirme seulement qu'il l'a réalisée en présence de son beau-frère. Voici ce qu'elle lui a montré :

« Vous vîtes que le vif-argent du *tuyau intérieur* demeura suspendu à la hauteur où il se tient par l'expérience ordinaire, quand il était contrebalancé et pressé par la pesanteur de la masse entière de l'air; et qu'au contraire, il tomba entièrement, sans qu'il lui restât aucune hauteur ni suspension, lorsque, *par le moyen du vide dont il fut environné, il ne fut plus du tout pressé ni contrebalancé d'aucun air, en ayant été destitué de tous côtés*. Vous vîtes ensuite que cette hauteur ou suspension du vif-argent » — dans le tuyau intérieur — « *augmentait ou diminuait* à mesure que la pression de l'air *augmentait ou diminuait*, » — dans le tuyau extérieur — « et qu'enfin toutes ces diverses hauteurs ou suspensions du vif-argent se trouvaient toujours proportionnées à la pression de l'air. »

On trouve dans les cabinets de physique un appareil qui permet de réaliser cette expérience telle que Pascal la décrit; mais il exige l'emploi de la machine pneumatique dont il ne disposait pas en 1647. On s'est ingénié à imaginer, avec les seules ressources dont disposait Pascal, un procédé expérimental convenable et, en même temps, *différent* de celui que nous trouverons plus tard décrit par Pecquet (XX), attribué par lui à

Auzout, et *inventé dans les premiers jours de juin 1648* (XIV). Aucun, à ma connaissance, ne se prête à montrer d'*abord* le vif-argent supendu dans le tube intérieur « à la hauteur où il se tient par l'expérience ordinaire »; *ensuite* à le faire tomber sans qu'il lui reste « aucune hauteur ni suspension »; *enfin* à faire voir que la hauteur de la colonne de mercure est fonction de la valeur de la pression ambiante, qu'en faisant varier celle-ci on fait varier proportionnellement celle-là.

Encore ne faut-il pas prendre la description de Pascal au pied de la lettre, si l'on veut que cette expérience reste *possible*. Avant l'invention de la machine pneumatique, en effet, on pouvait faire le *vide complet*, par l'expérience de Torricelli, puis laisser rentrer l'air au sommet du tube *petit à petit*, ce qui *augmentait peu à peu* la pression; mais on ne pouvait pas *faire le vide progressivement;* on pouvait donc *supprimer*, mais non *diminuer peu à peu* la pression, comme Pascal eût dû le faire pour montrer que « la hauteur ou suspension du vif-argent augmentait *ou diminuait* à mesure que la pression de l'air augmentait *ou diminuait* ».

Ce n'est pas cependant de la manière dont il *conçoit* l'étude des effets de la variation de la pression atmosphérique qu'il nous parle ici; ce n'est pas une vue de l'esprit qu'il expose, identique à celle dont nous avons lu l'expression dans la réponse de Torricelli aux objections de Ricci (II). C'est d'une *expérience* qui réalise cette conception et que Périer *a vue avant le 15 novembre 1647*, qu'il s'agit.

Certes, même réduite aux proportions qui la rendent possible, cette expérience est plus intéressante que toutes celles de l'*Abrégé*, plus importante surtout; et cependant Pascal, qui n'en a rien dit jusqu'ici, *n'en parlera plus*. Nulle part il ne dira ni comment était fait son appareil ni comment il réalisait son expérience.

Sans doute, nous trouverons, dans ses Traités post-

humes, une expérience du vide dans le vide, mais elle n'est pas de lui : c'est celle que Pecquet attribue à Auzout et qui fut réalisée, pour la première fois, nous le verrons (XIV), au commencement de juin 1648; l'appareil que Pascal décrit, dans ses Traités posthumes, n'est pas le sien : c'est celui que Pecquet attribue à Auzout, simplifié par Rohaut. L'éditeur des Traités posthumes, qui n'est autre que Périer, y joint cette remarque :

Pour connaître « la vérité ou la fausseté » de l'hypothèse de Torricelli, Pascal « fit plusieurs expériences : *l'une des plus considérables fut celle du vide dans le vide*, qu'il fit avec deux tuyaux l'un dans l'autre, vers la fin de l'année 1647... *Il n'en est pas néanmoins parlé dans les deux traités que l'on publie maintenant parce que l'effet en est tout pareil à celui de l'expérience qui est rapportée dans le Traité de la Pesanteur de l'air,... qui ne diffère de l'autre qu'en ce que l'une se fait avec un simple tuyau, et l'autre avec deux tuyaux l'un dans l'autre.* »

Ainsi, si l'on en croit Périer, l'expérience que lui montra Pascal ne diffère pas essentiellement de celle que décrivent les Traités posthumes, c'est-à-dire de celle à l'invention de laquelle nous assisterons en juin 1648. Il est vrai que Périer parle de souvenir; son témoignage seul ne permet pas d'affirmer l'identité des deux expériences, mais il la confirmera si leur rapprochement et leur analyse aboutissent à la même conclusion.

En attendant, admettons que Pascal ait montré à Périer, avant le 15 novembre 1647, la suspension du mercure à la pression ordinaire, sa chute complète dans le vide, et ses « diverses hauteurs... toujours proportionnées à la pression de l'air ».

Mais s'il en est ainsi, le contrôle de l'hypothèse de Torricelli est achevé; que Pascal publie son expérience, et le triomphe de la « colonne d'air » est certain,

l'expérience du vide à des altitudes différentes n'y ajoutera rien : ce n'est plus qu'une manière moins complète, moins simple, de montrer la même chose. Pascal cependant en juge autrement :

« Certainement, dit-il, après cette expérience, il y avait lieu de se persuader que ce n'est pas l'horreur du vide, comme nous estimons, qui cause la suspension du vif-argent dans l'expérience ordinaire, mais bien la pesanteur et pression de l'air, qui contrebalance la pesanteur du vif-argent. Mais parce que tous les effets de cette dernière expérience des deux tuyaux, qui s'expliquent si naturellement par la seule pression et pesanteur de l'air, *peuvent encore être expliqués assez probablement par l'horreur du vide*, je me tiens dans cette ancienne maxime : résolu néanmoins de chercher l'éclaircissement entier de cette difficulté par une expérience décisive. »

Cette expérience décisive, c'est celle que Mersenne a décrite, il y a deux mois, dans la première préface de ses *Reflexiones*. Pascal n'en dit rien et s'attribue l'honneur de l'avoir inventée.

« *J'en ai imaginé une*, dit-il, qui pourra *seule* suffire pour nous donner la lumière que nous cherchons, si elle peut être exécutée avec justesse. C'est de faire l'expérience ordinaire du vide plusieurs fois en même jour, dans un même tuyau, avec le même vif-argent, tantôt en bas, et tantôt au sommet d'une montagne, élevée pour le moins de cinq ou six cents toises, pour éprouver si la hauteur du vif-argent suspendu dans le tuyau se trouvera pareille ou différente dans ces deux situations. »

Est-ce avant ou après le départ de Périer que Pascal a imaginé cette expérience décisive? Si c'est avant son départ, il a dû en être question dans leurs entretiens de « ces jours passés » touchant le vide. Pourquoi Pascal n'a-t-il pas demandé de vive voix à son beau-frère de faire l'ascension du Puy-de-Dôme? Et s'il le lui a demandé, pourquoi revient-il à la charge immédiatement et en termes tels qu'il semble ne lui en avoir rien dit? — Si c'est après le départ de Périer que cette

idée s'est présentée à son esprit, nous voilà forcés d'admettre que Pascal, en possession « d'une proposition universelle de l'équilibre des liqueurs » comprenant tous les effets de la pression et pesanteur de l'air, et en face de l'expérience du vide dans le vide réalisée dans les conditions excellentes qu'il décrit, n'a pas vu ce qui crève les yeux, et n'a tiré que plus tard cette conséquence immédiate, si simple, des faits qu'il montrait à Périer. C'est inadmissible, car il faudrait alors douter de son génie.

« Vous voyez déjà, sans doute, poursuit-il, que cette expérience est décisive de la question, et que, s'il arrive que la hauteur du vif-argent soit moindre au haut qu'au bas de la montagne (comme j'ai beaucoup de raisons pour le croire, *quoique tous ceux qui ont médité sur cette matière soient contraires à ce sentiment*), il s'ensuivra nécessairement que la pesanteur et pression de l'air est la seule cause de cette suspension du vif-argent, et non pas l'horreur du vide, puisqu'il est bien certain qu'il y a beaucoup plus d'air qui pèse sur le pied de la montagne, que non pas sur son sommet; au lieu qu'on ne saurait dire que la nature abhorre le vide au pied de la montagne plus que sur son sommet. »

Pascal, pour son propre compte, est convaincu; mais il désespère, avec l'expérience qu'il a montrée à Périer, de convaincre les partisans de l'horreur du vide. — Mais si l'expérience du vide dans le vide, telle qu'il prétend l'avoir réalisée, peut s'expliquer « assez probablement par l'horreur du vide », comment l'expérience à des altitudes différentes, qui ne montrera pas la chute complète de la colonne de mercure, mais seulement la variation de sa hauteur avec la pression, ne s'explique-t-elle pas de la même façon? Comment cette expérience tronquée pourra-t-elle « seule suffire » et être « décisive de la question » si la première ne la tranche pas? — C'est que, répond M. L. Brunschvicg, « les mêmes variations concomitantes qui, dans l'hypothèse de la

pression atmosphérique, s'expliquent « si naturellement » par l'action de la pesanteur de l'air, s'expliquent encore « assez probablement » dans l'hypothèse de l'horreur limitée du vide, par l'action de présence de l'air ». Qu'est-ce à dire? — Les disciples de Galilée, en face de l'expérience montrée à Périer, auraient « assez probablement » raisonné comme ceci : c'est l'horreur limitée du vide *de la chambre barométrique* qui soutient, dans les conditions ordinaires, la colonne de mercure suspendue dans le tube intérieur ; mais lorsque le milieu qui entoure ce tube contient de moins en moins d'air, ce vide relatif contrarie l'horreur du vide de la chambre barométrique, et c'est pour cela que baisse la colonne de mercure dans la mesure où ce milieu est appauvri. — Mais pourquoi ne pourraient-ils plus en dire autant de l'expérience réalisée à des altitudes différentes? C'est l'horreur du vide *de la chambre barométrique* qui soutient, dans les conditions ordinaires, au pied de la montagne, la colonne de mercure suspendue dans le tuyau; mais, en portant l'instrument à des altitudes plus élevées, le milieu qui l'entoure contient de moins en moins d'air, ce vide relatif contrarie l'*horreur du vide de la chambre barométrique*, et c'est pour cela que baisse la colonne de mercure, à mesure que l'on s'élève.

En quoi ceci est-il moins naturel que cela?

Pascal signale Clermont et le Puy-de-Dôme comme se prêtant très bien à l'expérience ; il compte que Périer s'en chargera.

« Sur cette assurance, dit-il, *je l'ai fait espérer à tous nos curieux de Paris, et entre autres au R. P. Mersenne qui s'est déjà engagé, par des lettres qu'il a écrites en Italie, en Pologne, en Suède, en Hollande, etc., d'en faire part aux amis qu'il s'y est acquis par son mérite.* »

Tantôt Pascal affirmait, en parlant de cette expérience, qu'il croyait à son succès « quoique tous ceux qui ont médité sur cette matière soient contraires à ce sentiment ». Il avait donc communiqué son projet à ceux que la question du vide intéressait; on en avait discuté l'issue probable. Voici qu'il l'affirme plus nettement encore : « tous les curieux de Paris » en sont informés et Mersenne en a déjà transmis partout la nouvelle. Le projet de l'ascension du Puy-de-Dôme aurait donc été, dès le 15 novembre 1647, du domaine public. Il est vraisemblable que Pascal aura fait connaître en même temps l'expérience capitale du vide dans le vide, qui lui en a donné l'idée. Nous devons donc nous attendre à retrouver les traces de ces communications dans les documents contemporains, dans la correspondance de Mersenne surtout, au témoignage duquel Pascal lui-même en appelle. Si nous y trouvions, au contraire, la preuve que l'expérience du vide dans le vide est restée absolument ignorée de tous, que Mersenne lui-même ne l'a pas connue avant le mois de juin 1648 et que personne n'a rien su du projet dont Pascal avait confié la réalisation à son beau-frère, cette lettre, du 15 novembre 1647, deviendrait singulièrement suspecte.

Pascal achève de l'écrire en priant instamment Périer de presser l'expédition au Puy-de-Dôme.

« Que ce soit le plus tôt qu'il vous sera possible. » Il est impatient d'en apprendre le succès « sans lequel, dit-il, je ne puis mettre la dernière main au Traité que j'ai promis au public, ni satisfaire au désir de tant de personnes qui l'attendent et qui vous en seront infiniment obligées. »

Pour mettre le comble aux singularités de cette lettre, Périer ne montera sur le Puy-de-Dôme que *dix mois plus tard*, le 19 septembre 1648.

XIII. — *Lettres de Baliani, Descartes, Mersenne, Huygens, Le Tenneur, Jean Pecquet. Le* PLEIN DU VIDE *du P. Noël, 25 novembre 1647-juin 1648*

Le 25 novembre 1647, Baliani (I), auquel Mersenne avait fait connaître l'expérience de Torricelli — le physicien genevois l'ignorait encore — lui répond en se prononçant très nettement et sans réserve pour l'hypothèse de la « colonne d'air ». On trouve, dans les papiers de Mersenne, deux exemplaires de cette lettre : à l'autographe est jointe une copie imprimée. Elle fut adressée vraisemblablement à ceux que la question du vide intéressait; Pascal, sans doute, ne fut pas oublié.

Quelques jours plus tard, le 13 décembre 1647, Descartes, qui avait reçu, par l'intermédiaire d'Huygens, l'exemplaire des *Expériences nouvelles* que Pascal lui avait destiné, écrit à Mersenne. Il a lu dans cet opuscule que l'expérience d'Italie était connue à Paris depuis 1644; il regrette que le Minime ne lui en ait parlé qu'en septembre 1647, d'autant plus qu'il s'en était « avisé avant Torricelli ». Descartes fait allusion très probablement à l'expérience dont il avait donné l'interprétation dans sa lettre du 2 juin 1631, que nous avons citée (I).

En même temps, il demandait à Mersenne si Pascal avait fait l'autre expérience qu'il lui avait conseillée, pour voir « si le vif-argent montait aussi haut lorsqu'on est au-dessus d'une montagne que lorsqu'on est au bas ». Descartes ignore donc, le 13 décembre 1647, l'expédition projetée au Puy-de-Dôme, mais il n'y a rien là qui doive nous étonner. Mersenne est malade : on ne possède aucune lettre de lui datée des deux derniers mois de 1647. Il est permis de penser qu'il n'a pas encore communiqué le projet de Pascal.

Mais cette lettre de Descartes nous intéresse à un autre point de vue. Elle affirme qu'il a été question de l'expérience de contrôle au cours de la visite de Descartes à Pascal, au mois de septembre dernier (VI), et que c'est Descartes qui en a émis l'idée. De plus, c'est à Mersenne que le philosophe le rappelle. Or, Mersenne n'y contredit nulle part. Ce serait donc la pensée de Descartes qu'il aurait développée dans la seconde préface de ses *Reflexiones* (VII).

Au début de l'année 1648, Mersenne reprend sa correspondance. Il va, sans doute, s'empresser d'annoncer partout, comme il l'a promis à Pascal, le projet de l'expérience à des altitudes différentes? — Nullement. Il semble n'avoir aucun souvenir de ce que Pascal a pu lui en dire.

Trois fois, dans le cours de cette années 1648, Descartes renouvelle la question qu'il lui adressait le 13 décembre 1647 : « Pascal a-t-il fait l'expérience que je lui ai conseillée? » — Mersenne n'y répond pas. Du 1er janvier au 27 juillet 1648, le Minime écrit « cinq fois à Hévélius, trois fois à Haak, quatre fois à Baliani; très souvent, il parle de Pascal, de son traité du vide, de ses merveilleux travaux en mathématiques; jamais il ne fait allusion à son nouveau projet (F. Mathieu) ».

Il s'en souvient si peu que dans une lettre à Huygens, du 4 janvier 1648, il lui demande quelle est, à son avis, la plus haute montagne. Ce doit être la plus éloignée de la mer « comme Langres est le plus haut lieu de la France, à cause que les rivières en descendent jusqu'à l'océan ». Il souhaiterait qu'on mesurât le Pic Ténériffe. « Si on avait ici une telle montagne, dit-il, j'y monterais avec des tuyaux et du vif-argent pour voir si le vide s'y ferait plus grand ou plus petit qu'ici. Ce qui nous ferait décider nécessairement pour savoir la raison de ce vide. » Pas le moindre mot, dans cette lettre, ni de l'expérience du vide dans le vide, ni du

projet de Pascal. Si Huygens les connaît, il va sans doute les rappeler à son correspondant qui les oublie : on ne trouve pas trace d'un semblable rappel.

Deux mois plus tard, Mersenne croit encore que Pascal en est toujours aux idées de son *Abrégé*, auxquelles les récentes expériences de Roberval semblent donner tort : « Pour son livre du vide, écrit-il le 17 mars 1648, on commence à croire ici que ce n'est pas vide, à cause qu'une vessie aplatie et toute vide d'air, étant mise dans ce vide, s'y enfle incontinent » (X).

Le 8 janvier 1648, il avait écrit à Le Tenneur, qu'il croyait à Clermont, pour le prier de faire l'*ascension du Puy-de-Dôme*, avec un tuyau et du vif-argent. Il ne sait donc plus, s'il l'a jamais su, que c'est en cette ville et sur cette montagne que Périer doit expérimenter, à la demande de Pascal. Le Tenneur, qui est en ce moment à Tours, avertit Mersenne de ne pas compter sur lui. Il ne comprend rien, dit-il, à cette colonne d'air, et « je vous dirai que je pense avec Roberval que ce serait parfaitement inutile, et que la même chose se trouverait en haut qu'en bas ». Le Tenneur, ami de Pascal et de Périer, ignorait donc aussi l'expédition projetée, autrement il eût répondu à coup sûr : M. Périer s'est chargé de faire cette expérience.

Huygens, qui a lu les *Expériences nouvelles*, a vu, dans l'avis au lecteur, qu'elles ne sont que l'*Abrégé* d'un Traité entier que « quelques considérations » ont empêché de publier en octobre 1647. Le 6 avril 1648, il écrit à Mersenne :

« Ne laissez pas de pousser le jeune Pascal à nous donner le corps dont il nous a fait voir le squelette. Il faut tenir la main à pénétrer le mystère de l'argent-vif descendant au tube. Mais croyez-moi qu'à la fin il n'y aura que les phénomènes de M. Descartes qui en viendront nettement à bout. »

Pas la moindre allusion à l'expérience du vide dans le vide, ni à l'expérience de contrôle qui doit se faire

en Auvergne. Huygens les ignore, comme tout le monde.

Au printemps de 1648, Roberval trouve un nouvel argument contre la pression atmosphérique. Deux tubes de Torricelli plongent dans la même cuvette; dans l'un on fait pénétrer neuf pouces d'air, et dans l'autre neuf pouces d'eau : l'air fait baisser le mercure de dix pouces, l'eau d'un pouce seulement. Concevant la pression de cet air et de cette eau comme proportionnelle à leur poids spécifique, Roberval en conclut que la cause du phénomène doit être tout autre chose qu'une pression. Comment Pascal, qui depuis six mois, si l'on en croit la lettre à Périer, est en possession du principe fondamental de l'hydrostatique et a réalisé l'expérience du vide dans le vide, peut-il laisser Roberval, avec lequel il discute vraisemblablement ces expériences, s'épuiser en de vaines recherches et s'égarer à ce point dans leur interprétation? Comment Mersenne, qu'il prétend avoir instruit, peut-il écrire à Hévélius, au sujet de ces mêmes expériences : « Quel est ce prodige? L'air qui est si léger produit une pression dix fois plus forte que l'eau! » Sa foi en la « colonne d'air » que l'expérience du vide dans le vide, s'il l'eût connue, eût rendue triomphante, est plus que jamais ébranlée. Il écrit à Huygens, le 2 mai 1648 : « Vous voyez donc l'affaire insoluble, si la clarté de votre esprit n'y remédie. »

Le même jour, 2 mai 1648, Mersenne reçoit une nouvelle lettre d'Huygens :

« Voyons cependant ce que le jeune Pascal a produit, *si publici juris est.* Cela serait trop long pour être remis à notre venue en France qui n'est pas des plus certaines encore. »

M. Abel Lefranc voit là une preuve — à défaut d'autres — qu'Huygens au moins connaît *le projet de l'expédition du Puy-de-Dôme.* Le sens de sa

demande serait celui-ci : « Voyons l'*expérience* du jeune Pascal, si elle est du domaine public ».

M. Mathieu — à bon droit — y voit l'expression renouvelée du désir exprimé par Huygens, dans sa lettre du 6 avril. C'est le grand Traité, annoncé par Pascal, qu'il réclame à nouveau. Si les « considérations » qui ont empêché de le publier n'existent plus, si ce livre est enfin du domaine public, « *si publici juris est* », envoyez-le moi.

« Dès 1848, écrit M. Mathieu, Jean Pecquet est, à Paris, le chef de la science expérimentale; les médecins et les philosophes assistent en foule à ses dissections; dans le monde des savants, personne n'est plus répandu ni mieux informé que lui. Il mérite une confiance absolue; ses contemporains ont loué sa modestie, son exactitude, sa probité d'homme et de savant, et la lecture de ses écrits montre combien ces éloges furent mérités... Il n'a d'ailleurs aucune malveillance pour Pascal. » Or le 5 mai 1648, Pecquet écrit à un ami pour lui faire connaître où en est le problème du vide qui passionne tous les esprits curieux. Les expériences de Roberval, celle de la vessie de carpe, sont pour lui les dernières nouveautés. Il ne dit pas un mot ni de l'expérience du vide dans le vide ni de l'expérience de contrôle que doit faire Périer : comme tout le monde, à Paris et ailleurs, il les ignore.

Le 15 mai 1648, Mersenne écrit à Christian Huygens :

« Si ma mauvaise lettre vous empêche » — le Minime avait une détestable écriture — « M. votre père, lequel je salue mille fois, vous y aidera, et j'essaierai aussi, selon votre désir, à lui envoyer la lettre du jeune Pascal qui est un autre Archimède. »

De quelle lettre s'agit-il? De la lettre à Périer, du 15 novembre 1647? — Mais si Mersenne la connaît, s'il en circule des copies, comment expliquer que toutes les

lettres qu'il écrit et toutes celles qu'il reçoit, depuis six mois, témoignent du contraire? La lettre dont il promet ici l'envoi n'est pas la lettre à Périer, mais la lettre du 29 octobre 1647 au P. Noël (IX). Celle-là, Pascal l'a rendue publique; elle contient le dernier état de sa pensée connu de Mersenne; si le Minime ne l'a pas envoyée plus tôt à Huygens, c'est qu'il était malade quand elle a paru. Il va réparer cet oubli. Nous ne voyons rien qui contredise ou qui puisse remplacer cette conjecture de M. Mathieu.

Une troisième fois depuis le 1er mai, Mersenne écrit à Huygens. Il lui parle de nouveau de la question du vide, mais toujours en homme qui ignore l'expérience capitale que Pascal aurait montrée, il y a plus de six mois, à Périer, et l'expédition dont celui-ci s'est chargé.

Cette lettre du 22 mai est la dernière que Mersenne écrivit à Huygens : il attendait d'un jour à l'autre, l'arrivée du savant hollandais à Paris; quand il fut informé, à la fin de juillet, que ce voyage était ajourné pour longtemps, la maladie ne lui permit plus de lui écrire.

Le laborieux vieillard, qui depuis trois ans travaille à résoudre le problème posé par l'expérience de Torricelli, qui encourage les recherches et enregistre toutes les expériences, désespère maintenant d'en voir la solution : elle est réservée au siècle suivant, écrit-il à Hévélius, le 31 mai. Et Pascal qui est à Paris, qui le voit, qui discute avec lui de ces recherches, aurait sous la main depuis six mois tous les éléments de la solution, dans son expérience « des deux tuyaux l'un dans l'autre montrant le vide dans le vide », et il ne la lui aurait pas montrée? Car enfin, Mersenne ignore cette expérience. Nous n'en avons, il est vrai, qu'une preuve indirecte, dans sa correspondance du mois de janvier à la fin de mai 1648, qui n'en parle pas; mais ses lettres et les

événements du mois de juin achèveront la démonstration.

D'ailleurs, personne n'est mieux instruit que lui, nous l'avons vu, ni à Paris ni à l'étranger. Ce n'est pas sur le manque de documents — comme on l'a objecté à M. Mathieu — que repose cette affirmation : en réalité, ils abondent. C'est sur le silence obstiné qu'ils gardent et sur l'expérience du vide dans le vide et sur l'expérience de contrôle confiée à Périer, et cela en dépit de l'affirmation de Pascal que lui-même et Mersenne en ont fait part aux curieux de Paris et aux savants étrangers. Tous ceux dont M. Mathieu a pu recueillir le témoignage, les ignorent. Si leur silence ne suffit pas à le démontrer, les événements de juin, pour eux comme pour Mersenne, nous en apporteront la preuve péremptoire.

Avant de les raconter, nous devons dire un mot d'un livre qui parut à Paris, à l'époque où nous sommes arrivés. Il a pour auteur le P. Noël qui n'a pas abandonné l'idée de faire triompher la cause du plein, et il répond à la fois aux *Expériences nouvelles* de Pascal et à la *Demonstratio ocularis* de Magni. Il a pour titre : *Le Plein du vide*, ou le corps dont le vide apparent des *Expériences nouvelles* est rempli, trouvé par d'autres expériences, confirmé par les mêmes et démontré par raisons physiques, Paris, 1648.

Dans la dédicace au prince de Conti, le P. Noël se complaît à développer une métaphore d'un goût douteux qu'il ne soutient jusqu'au bout qu'en oubliant l'exquise courtoisie de ses lettres à Pascal.

« La nature est aujourd'hui accusée de vide, et j'entreprends de l'en justifier... Elle en avait bien été auparavant soupçonnée ; mais personne n'avait encore eu la hardiesse de mettre des soupçons en fait, et de lui confronter les sens et l'expérience. Je fais voir ici son intégrité, et montre la *fausseté* des faits dont elle est

chargée, et les *impostures* des témoins qu'on lui oppose »... On lui fait « un procès sur de *fausses dépositions* et sur des expériences *mal reconnues* et encore plus *mal avérées*. Elle espère, Monseigneur, que vous lui ferez justice de toutes ces *calomnies*. Et si, pour une plus entière justification, il est nécessaire qu'elle paye d'expérience, et qu'elle rende témoin pour témoin, alléguant l'esprit de Votre Altesse, qui remplit toutes ses parties, et qui pénètre les choses du monde les plus obscures et les plus cachées, il ne se trouvera personne, Monseigneur, qui ose assurer qu'au moins, à l'égard de Votre Altesse, il y ait du vide dans la nature. »

Manifestement, le bon P. Noël s'égare; sa rhétorique l'éblouit; c'est niais, mais est-ce bien méchant? Pascal doit-il s'en offenser ou en rire?

Dans le corps de l'ouvrage, on ne rencontre aucune allusion ni à l'expérience du vide dans le vide, ni au projet du Puy-de-Dôme. Là-dessus, Noël n'en sait pas plus long que les autres. C'est aux expériences de l'*Abrégé* et à celles de Magni qu'il s'en prend. Est-ce à celles-ci que s'applique le réquisitoire de la dédicace? Le jésuite qui apporta à Pascal l'exemplaire que l'auteur lui destinait, lui affirma, de la part du P. Noël, que « les paroles qui paraissaient aigres » n'étaient pas pour lui, mais pour le Père Capucin. Si Pascal accepta l'excuse, son excessive susceptibilité, ou autre chose, la lui fit oublier : le P. Noël sera tantôt fustigé d'importance pour sa mauvaise rhétorique.

Les idées développées dans *Le Plein du vide* sont celles que nous avons lues dans les deux lettres du jésuite à Pascal (IX). Toutefois, en parlant de la cause qui soutient le mercure dans le tube de Torricelli, à l'explication qu'il avait demandée, dans sa seconde lettre, à la pesanteur de l'air, le P. Noël en substitue une autre où la tendance des corps légers à monter, « la légèreté mouvante » des péripatéticiens, et le principe cartésien de la nature cyclique de tous les mouvements font les frais en commun. A-t-il donc complète-

ment changé d'avis? — Nullement. Dans un supplément imprimé que Pascal reçut peu de temps après, le P. Noël nous apprend que la maladie l'a empêché de suivre l'impression de son livre, et qu'il faut y ajouter, à l'endroit où il parle de la « légèreté mouvante », un long passage dont il donne le texte : c'est l'explication de la suspension du mercure par la pesanteur de l'air, tirée de sa seconde lettre à Pascal. « Tout ceci, dit-il, que j'avais mis dans ma seconde lettre à M. Pascal le fils,... manque à l'endroit que j'ai marqué. »

Ainsi, le supplément imprimé joint par le P. Noël à son livre *Le Plein du vide*, contient l'explication, par la colonne d'air, de l'expérience de Torricelli, et l'affirmation que l'auteur la reprend d'une lettre écrite par lui à Pascal. A cette lettre, Pascal n'a pas répondu; au livre du P. Noël qui en publie ces extraits, il opposera des pages avant-courrières des *Provinciales*, dont l'âpreté, la violence, l'ironie, l'acharnement passionné, trahiront son dépit (1).

(A suivre.) J. Thirion, S. J.

(1) Cet article était imprimé quand M. Louis Havet a commencé la publication, dans la Revue politique et littéraire, d'une étude sur *La Lettre de Blaise Pascal à Florin Périer*. Il en sera tenu compte dans notre prochain article.

LES SOCIÉTÉS SECRÈTES

AU BAS-CONGO

INTRODUCTION

Les cérémonies qui consacrent, au Bas-Congo, l'époque de la puberté sont intéressantes à plus d'un titre, mais surtout parce qu'elles nous mettent directement en face de la tradition religieuse au pays noir.

Nous y voyons des jeunes gens, appartenant souvent à des villages différents, se réunir, se retirer dans les bois, y vivre pendant un certain temps en communauté sous l'autorité souveraine d'un vieillard ou d'un féticheur qui leur transmet le trésor des traditions religieuses et les prépare en quelque sorte à la vie publique.

Quelles sont ces traditions et comment s'enseignent-elles? — La réponse à ces questions jetterait certes quelque lumière sur le problème si difficile de la naissance, du développement, de l'altération, de la disparition de certaines croyances et de certaines pratiques. Il convient en tous cas, avant de vouloir tracer les lois de cette évolution, de se demander comment, dans une société déterminée, les phénomènes religieux changent en passant d'une génération à l'autre.

Ce n'est pas qu'il faille chercher dans l'étude des rites de la puberté au Bas-Congo la solution du problème des origines. A aucun moment, en nous livrant à ces recherches de détail, nous n'avons eu l'impression de

nous trouver en présence de quelque chose de primitif. Ces rites sont, au contraire, d'une extrême complexité et supposent une longue évolution sur laquelle, malheureusement, nous ne possédons aucun renseignement. Un travail de reconstruction logique pourrait, dans une certaine mesure, suppléer à l'insuffisance des documents, si au moins nous savions de façon précise ce qui s'enseigne aux jeunes gens dans ces réunions que l'on a appelées « les écoles de féticheurs ».

Mais les difficultés se dressent nombreuses et presque insurmontables devant celui qui cherche à se documenter sur ces points. Que d'années ne faut-il pas avoir vécu de la vie des indigènes, que d'efforts ne faut-il pas avoir dépensés à apprendre leur langue et à gagner leur confiance, pour obtenir quelque renseignement véridique sur leur vie religieuse! Les enquêtes sur les rites de la puberté sont bien plus difficiles encore. On se heurte ici au silence obstiné sur tout ce qui touche à l'éducation religieuse des jeunes générations, et cette éducation elle-même s'entoure généralement d'une mise en scène qui déroute les recherches et donne l'impression d'une initiation dans une société secrète.

Mais, s'il existe un certain rapport entre les rites de la puberté d'une part, l'éducation religieuse et les sociétés secrètes d'autre part, au Bas-Congo le lien entre ces trois institutions devient tellement étroit que nous aurions pu indifféremment intituler cette étude *Les rites de la puberté* ou *L'École des Féticheurs*. Si nous avons donné la préférence au titre *Les Sociétés secrètes*, ce n'est point que nous voulions préjuger la nature des phénomènes qui font l'objet de nos recherches. Deux auteurs allemands, qui ont traité cette question d'un point de vue général, ont étudié les rites de la puberté dans leurs rapports avec les sociétés secrètes. Ce sont Frobenius dans ses *Masken und*

Geheimbünde Afrikas (1), et Schurtz dans ses *Altersklassen und Männerbünde* (2). Nous n'avons pas cru devoir nous séparer d'eux par le titre de notre travail.

L'aire d'extension de ces cérémonies embrasse, avec des variantes, toute l'Afrique occidentale. Frobenius leur a trouvé des parentes dans l'Océanie. Dans le bassin du Congo elles ne sont pas confinées dans la région du bas; le Rev. Verner les a observées notamment dans le Kwango oriental et dans le Kasaï (3). Plus à l'est, chez les Baluba, les missionnaires de Scheut et les Pères Blancs parlent de sociétés secrètes bien organisées avec des rites d'initiation très compliqués (4). Il en est de même sur les rives du lac Tanganika, en particulier au Marungu et chez les Wahorohoro (5), etc.

Nous avons limité notre étude à la région du Bas-Congo, c'est-à-dire aux rives du fleuve depuis la côte jusqu'au Stanley-Pool. Les populations qui occupent cette contrée présentent une certaine unité au point de vue linguistique. On leur donne parfois, mais improprement, le nom de Bafiote. Ce sont d'abord les Musorongo, établis à l'embouchure du fleuve, sur les deux rives; en partant de la côte et en remontant vers le Stanley-Pool, on rencontre successivement sur la rive nord les Bavili, les Kakongo et au nord de ceux-ci les Majombe, les Basundi et les Babuende; sur la rive gauche, vivent surtout des Bakongo et des Mushikongo. La rivière Kwilu, d'après le Rev. Bentley, forme la frontière entre ces deux peuplades.

Nos renseignements sur toute cette région sont rela-

(1) Berlin, G. Reimer, 1902.

(2) Dans la collection des ABHANDLUNGEN DER K. L.-C. DEUTSCHEN AKADEMIE DER NATURFORSCHER ZU HALLE, LXXIV, n° 1, 1898.

(3) S. P. Verner, *Pioneering in central Africa*, Richmond, 1903, 151.

(4) R. P. Colle, MISSIONS DES PÈRES BLANCS, 1905, 102-106.

(5) Mgr Van Ronslé, MOUVEMENT GÉOGRAPHIQUE, XXI (1904), 509, et BELGIQUE COLONIALE, X (1904), 546. — Cf. Lt Delhèze, BELGIQUE COLONIALE, XI (1905), 234.

tivement abondants; mais il serait à souhaiter qu'ils le fussent davantage. Si ce travail n'avait d'autre résultat que de montrer les lacunes de nos documents ethnographiques et de provoquer la communication de renseignements complémentaires, nous estimerions nos efforts amplement récompensés.

L'étude détaillée et critique d'une institution ou d'une coutume, dans une région déterminée, répond à un besoin de la science ethnographique actuelle. Des systèmes nombreux ont été échafaudés, renversés et presque aussitôt remplacés par d'autres. Chacun de ces systèmes prétend naturellement avoir saisi le sens véritable, avoir donné l'explication adéquate des faits. En réalité, ce sont plutôt des généralisations trop hâtives et des classifications trop artificielles pour qu'on y puisse voir de véritables lois au sens où l'on entend généralement ce mot. Du travail d'abstraction qu'ils subissent pour être incorporés dans le cadre du système, les faits sortent très souvent dénaturés et se présentent sous un jour faux.

Sans doute, les systèmes, même avec ce qu'ils ont de plus hypothétique, contribuent au progrès de la science, soit qu'ils donnent aux recherches des orientations variées, soit que leur rôle se borne à provoquer la critique et à attirer l'attention sur des faits qui, sans cela, risqueraient de passer inaperçus. Mais encore faut-il qu'une surproduction d'hypothèses ne fasse pas perdre le souci du détail et de la réalité.

Nous disions plus haut que deux ethnologues allemands ont, d'un point de vue général, étudié les rites de la puberté. Avant d'aborder directement notre sujet, il convient de rappeler leurs opinions. Quoique l'ouvrage de Schurtz soit de quatre ans postérieur à celui de Frobenius, c'est par lui que nous croyons devoir commencer, non seulement à cause de son caractère plus général que celui de Frobenius, mais parce

qu'il n'a pas utilisé, pour ce qui regarde le Bas-Congo, d'autres renseignements que ceux rassemblés par Frobenius (1).

Les idées de Schurtz. — Schurtz, comme l'indique le sous-titre de son livre, a voulu esquisser une théorie nouvelle de l'origine des sociétés. A la base de toute évolution des formes sociales, il place une opposition radicale entre les instincts de l'homme et ceux de la femme. La femme aurait comme mobile principal de son activité l'amour; elle est le centre et le soutien de la famille. L'homme se laisserait au contraire mouvoir par ce que Schurtz appelle *Geselligkeitstrieb*, sorte de penchant à la vie extra-familiale; il est le créateur de la vie sociale proprement dite. Le développement des formes sociales correspondrait au développement de ces penchants, de ces instincts opposés de l'homme et de la femme.

Que sont au juste ces penchants? Le *Geselligkeitstrieb* nous paraît un mot bien vague pour servir de pierre angulaire à un système d'évolution sociale. Puis est-il exact que les instincts extra-familiaux de l'homme s'opposent de façon si radicale à l'instinct d'amour familial de la femme? Nous ne croyons pas qu'il faille considérer cette opposition d'instincts comme un fait acquis à la science psychologique.

C'est pourtant de là que Schurtz part pour reconstituer l'évolution des formes sociales. Le groupement le plus primitif serait l'association des hommes qui obéissent simplement au *Geselligkeitstrieb*. A ces associations primitives se rattache la division en classes d'âge, que quelques-uns ont considérée comme la forme la plus ancienne de classification sociale, et elle s'y rat-

(1) Schurtz, *o. c.*, 410. Une exception doit être faite pour l'article de Ward, dans le JOURNAL OF THE ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE, XXIV (1895). Schurtz le cite à la page 437.

tache au même titre que les rites de la puberté, les groupements à caractère de clubs et les sociétés secrètes.

On pourrait déduire de là que Schurtz place les rites de la puberté et les sociétés secrètes sur la même ligne. Il n'en est pas tout à fait ainsi. Si nous saisissons bien la pensée de l'ethnologue allemand, les rites de la puberté seraient une des formes les plus simples dérivées du *Geselligkeitstrieb*, et les sociétés secrètes en seraient le développement ultérieur (1). Au sujet des coutumes que nous étudierons plus spécialement ici, Schurtz n'a pas d'idées précises et arrêtées. Il y voit des sociétés secrètes tantôt en voie de formation (2), tantôt en décadence (3). Remarquons d'ailleurs que, dans la bouche de Schurtz, le mot évolution a un sens un peu spécial. Quand il trace des lois d'évolution, il n'entend pas dire que les choses se soient réellement passées de cette façon; il se livre simplement à un travail de construction logique qui lui permettra de grouper les faits. Des phrases comme celle-ci ne s'expliquent pas autrement : « Au Bas-Congo, nous trouvons une décadence des sociétés secrètes en ce sens qu'une de leurs caractéristiques, la danse masquée des esprits de la forêt, a disparu et que, seules, les cérémonies d'initiation se sont bien conservées. Dans la partie méridionale du bassin du Congo, il n'en est pas ainsi : les rites d'initiation disparaissent tandis, que les danses masquées subsistent comme une récréation populaire naïve (4). »

(1) *O. c.*, 351. A la page 102, nous lisons aussi : « La plupart des sociétés secrètes africaines se rattachent aux rites de la puberté dont elles constituent un développement ultérieur ».

(2) *O. c.*, 102 : « Aux environs de Boma, les circoncis emploient entre eux une langue secrète, ce qui montre déjà une tendance vers la société secrète ».

(3) *O. c.*, 436 : « Dans le nkimba et dans le ndembo nous avons un phénomène de régression. La société secrète complètement développée, avec son esprit de la forêt et ses masques, s'est de nouveau transformée en une association d'hommes beaucoup plus simple et qui n'a conservé que des rites d'initiation très compliqués et mystérieux. »

(4) *O. c.*, 437.

Voyons maintenant quel sens Schurtz attribue aux différents rites de la puberté, comment il les interprète. A la base de ces cérémonies, il met encore un fait d'ordre psychologique : un besoin naturel de fêter les événements importants de la vie et de transformer en une fête de plusieurs jours la joie d'un moment. L'âge de la puberté est une époque importante dans la vie humaine. Rien d'étonnant donc qu'elle donne lieu à des fêtes et que par toutes sortes de moyens on cherche à faire comprendre aux jeunes gens qu'ils auront dorénavant à faire œuvre d'homme, qu'ils seront soustraits à l'influence de leur mère, qu'ils participeront à la vie publique, etc.

La circoncision qui se pratique parfois à l'époque de la puberté est en rapport avec la reproduction : dans l'esprit du noir elle doit la faciliter en même temps qu'elle constitue une mesure d'hygiène. Il arrive aussi que le jeune homme reçoive les marques de sa tribu, subisse des déformations artificielles, passe par une série d'épreuves : c'est pour lui faire comprendre que désormais il fera partie de la classe des guerriers. Devenu homme, devenu guerrier, il échappe à la tutelle de sa mère. C'est pour cela que, dans certaines régions, l'enfant se présente aux cérémonies de la puberté, revêtu d'un costume de femme qu'il changera à la sortie contre un costume d'homme. Ce symbolisme paraît assez naturel ; mais Schurtz va trop loin, à notre avis, lorsqu'il explique de la même façon le fait que les femmes sont tenues à l'écart de l'enclos où les jeunes gens vivent en retraite. Cette vie, sous bois, à l'abri de tout regard indiscret, semble à Schurtz un commencement de société secrète.

Les rites de la puberté s'accompagnent parfois de mort apparente et de résurrection ; c'est le cas notamment au Bas-Congo et nous aurons l'occasion d'y revenir. C'est encore pour Schurtz un acheminement vers

les sociétés secrètes. L'enfant doit acquérir un esprit nouveau, entrer en communication avec les esprits des ancêtres. En même temps, il s'initie aux traditions de la tribu, et reçoit toute la culture intellectuelle, morale et physique qu'il lui faut pour exercer dignement les droits d'un bon citoyen et en accomplir les devoirs. Schurtz reconnaît donc dans les rites de la puberté une garantie de l'unité ethnique, une force de cohésion sociale de premier ordre.

Chez la femme, les rites de la puberté ne sont ni aussi compliqués, ni aussi importants que chez l'homme. Le temps de l'instruction est plus court, les épreuves sont moins rudes, quand elles existent : elles ne sont qu'une pâle imitation de celles que subissent les jeunes hommes. Pour Schurtz l'explication est toute trouvée. Les rites de la puberté symbolisent moins le fait de la puberté que son importance sociale. Or, le nerf de tout développement social véritable est le *Geselligkeitstrieb* qui est le privilège exclusif de l'homme. Dans le domaine social, la femme est dépourvue de toute initiative ; elle ne saurait rien créer ; elle imite, elle s'adapte.

Nous ne ferons pas ici la critique de ces interprétations. Rappelons seulement qu'à la base de toutes ces hypothèses il y a un principe pour le moins fort discutable. De plus, nous estimons qu'une bonne définition de la société secrète aurait été à sa place dans le livre de Schurtz. Y a-t-il déjà société secrète lorsque des hommes se réunissent dans un endroit écarté, parlent un langage secret, se taisent sur tout ce qui s'y passe ; ou bien faut-il en outre que le public ignore le nom des membres, l'endroit, la date et le but des réunions?

Les idées de Frobenius. — Pour les sociétés secrètes africaines, Schurtz s'est contenté de résumer les renseignements contenus dans le livre de Frobenius, *Die Masken und Geheimbünde Afrikas*. L'objet propre de

ce livre est l'étude des masques, de leurs formes et de leur signification. Les rites de la puberté y sont étudiés accessoirement.

Frobenius distingue trois éléments dans la civilisation africaine : au fond, le manisme, c'est-à-dire le culte des morts, qui revêt suivant les localités la forme d'un culte de l'eau, des arbres, des pierres, des crânes, etc. ; puis des survivances d'un passé lointain que sont le totémisme, les mythes et les fables d'animaux ; enfin, des produits d'une époque plus récente et qui se résument dans la mythologie solaire et cosmogonique. Sur la présence de ces éléments dans les croyances, les mœurs et les institutions des diverses peuplades, Frobenius a des idées personnelles, parfois ingénieuses qu'il a exposées dans d'autres ouvrages (1).

Il attache une grande importance au phénomène de la *Vergeistigung* ou transformation en esprit. Ceux qui se masquent sont possédés par les esprits. Pour Frobenius, c'est du manisme. La preuve s'en trouverait dans ce fait que les masques paraissent aux fêtes des morts.

Ne dispose de la puissance des esprits que celui qui a été *vergeistigt*, transformé en esprit. Cette transformation s'opérerait par des prescriptions, des tabous. Pour entrer en communication avec les esprits, dit-il (2), le novice doit s'abstenir d'aliments et de femmes, parce que les esprits ne se livrent pas aux satisfactions grossières de la nutrition, des rapports sexuels, etc... Ce passage a de quoi nous surprendre. Le nègre, qu'on nous représente trop souvent comme une brute, serait-il arrivé à cette conception élevée d'esprits immatériels qui serviraient de modèles aux hommes? Il n'en est pas ainsi. Il est établi, au contraire, que les Bantous se font une idée toute matérielle de l'esprit des

(1) *O. c.*, 163.
(2) *O. c.*, 215.

morts. Le mort, dans l'autre monde, éprouve les mêmes besoins, cherche les mêmes satisfactions que dans celui-ci. Les offrandes de vivres, déposés sur les tombeaux, les sacrifices d'esclaves et de femmes, qui se font de plus en plus rares, sur la tombe des chefs, n'ont pas d'autre signification.

Pourquoi l'initiation se fait-elle dans des huttes au fond des bois? Frobenius répond que c'est parce que les ancêtres sont ensevelis dans les bois, que les esprits habitent la forêt et la hantent. Le culte des arbres est une forme du manisme.

Voici d'autres preuves de cette proposition de Frobenius : Le nkimba, offensé, prend la fuite vers la forêt et grimpe au sommet d'un arbre. C'est une façon de se jeter dans les bras de l'esprit protecteur. Le *konoengele*, l'instrument principal de sorcellerie du nkimba, est un bâton; il a la propriété de chasser celui qui s'introduirait la nuit dans la hutte pour voler. C'est une simple figure de rhétorique : la partie pour le tout. Culte des arbres, donc manisme.

Pourquoi les novices se mettent-ils une peinture blanche sur le corps? Ici, Frobenius ne recourt plus au manisme; il s'adresse au culte solaire. Tous les héros solaires sont blancs. Les esprits sont comme eux et ceux qui veulent acquérir une puissance sur les esprits devront se peindre en blanc!

Semblables associations d'idées peuvent naître tout naturellement dans le cerveau d'un Européen instruit; mais nous pensons qu'on a tort d'y recourir pour expliquer les mœurs et les coutumes des peuplades incultes de l'Afrique.

Les sociétés secrètes, d'après Frobenius, se trouvent en germe dans la séparation des sexes qui a lieu à l'époque de la puberté. Des groupements déterminés sont soumis à des tabous déterminés. Devant ces tabous tous les membres d'une société secrète sont égaux : c'est le lien qui les réunit.

Le serment des sociétés secrètes s'accompagnerait généralement de sacrifices humains ou, du moins, il en aurait été ainsi primitivement. A l'heure actuelle, ces sacrifices humains seraient remplacés par des offrandes de tortues, d'oiseaux, etc. Ce qui autorise Frobenius à avancer cette hypothèse, c'est un passage du livre de Johnston dont il sera question plus loin. Entre Manjanga et Isangila, ce voyageur anglais découvrit une société d'eunuques. Il crut voir un vague rapport entre ceux-ci et les nkimba; le trait commun serait un culte phallique non déterminé avec lequel va de pair une adoration de la lune. A la nouvelle lune, les eunuques exécutent des danses et offrent à l'astre de la nuit un oiseau blanc, généralement un coq. L'oiseau est jeté en l'air et mis en morceaux dès qu'il touche le sol. On dit qu'à une époque antérieure un homme était sacrifié en semblables circonstances : l'offrande du coq blanc aurait remplacé le sacrifice humain (1). En faut-il davantage pour affirmer le rapport étroit qui existerait entre les sociétés secrètes et le sacrifice humain, et poser en règle générale que toute offrande accompagnant le serment des sociétés secrètes doit être interprétée comme un adoucissement de mœurs primitives plus sauvages? Cette hypothèse, dans le livre de Frobenius, a surtout pour but de mieux expliquer l'existence de certains masques à forme de crâne (2).

Il est superflu d'insister sur les faiblesses de ce système d'interprétation. Cela ne doit pas nous empêcher de reconnaître l'importance documentaire du livre de Frobenius. Les *Masken und Geheimbünde Afrikas* sont la première et jusqu'ici l'unique tentative

(1) Ces renseignements se trouvent dans Johnston : *The river Congo*, 409. Il ne semble pas toutefois que ces eunuques forment une société. Ils s'assemblent uniquement pour exécuter des danses. M. Mondière en rendant compte de l'étude de Johnston rapporte ces pratiques aux Basundi et aux Babuende, établis sur les rives du fleuve. Cf. REVUE D'ANTHROPOLOGIE, 1885, 541.

(2) *O. c.*, 178-179.

de coordination des renseignements qui existent sur les sociétés secrètes d'Afrique. C'est une mine riche de documents puisés généralement aux meilleures sources. Ajoutons que Frobenius possède des connaissances étendues d'ethnographie muséale, et les quatorze planches qui contiennent environ cent et trente reproductions de masques africains, ajoutent encore à la valeur de son ouvrage.

Frobenius a coordonné les renseignements concernant les sociétés secrètes au Bas-Congo (1). Ses sources ne sont malheureusement pas complètes. Nous y trouvons des lacunes importantes. Il s'en rapporte à Baumann, Ward, Meinhof, Bentley, Büttner, Dapper, Bastian, Lenz, Coquilhat. Il cite aussi les volumes I et III du Congo illustré, ainsi que les *Allgemeine Historien der Reisen* (V, 43). Mais il passe sous silence et semble avoir ignoré les livres de Chavanne, Dupont, Glave, ainsi que les articles de Dannfelt, Demeuse, Gilmont, Fuchs, Van de Velde, Merlon, etc.

Nous terminerons cet exposé par une observation qui n'est pas sans importance. Une œuvre de coordination comme celle de Frobenius ne se conçoit pas sans un long travail de critique préalable. C'est pour s'être livré à ce travail que Frobenius a découvert une parenté entre Coquilhat et Bentley : pour ses renseignements sur le ndembo des Bateke, Coquilhat s'est fortement inspiré de Bentley. Nous regrettons que l'ethnologue allemand n'ait pas poussé plus loin ses études de critique. Il eût trouvé que M. A. J. Wauters, dont il cite l'article du Congo illustré (I, 1892, 3) (2), n'a pas étudié les nkimba sur place, pas plus que

(1) *O. c.*, 43-54.

(2) Les articles cités du Congo illustré, III (VIII est évidemment une faute d'impression) 59-60 et 62-63 appartiennent respectivement à MM. Lejeune et Slosse.

M. Carl Meinhof (1); de plus, il se serait aperçu que la plupart des renseignements attribués à M. A. J. Wauters remontent à M. Fuchs, après avoir passé peut-être par M. F. Demeuse.

Synthèse et Coordination

La plupart de ceux qui se sont occupés des rites d'initiation au Bas-Congo ont écrit sans esprit de système et sans prétention scientifique. Leurs témoignages n'en sont que plus intéressants, à condition qu'ils soient sagement critiqués. C'est à ce travail que nous voulons nous livrer : Nous interrogerons les différents auteurs, nous rapprocherons leurs réponses qui se complètent souvent l'une par l'autre, afin d'aboutir à un tableau d'ensemble des rites d'initiation au Bas-Congo.

Les rites de la puberté, comme d'ailleurs les phénomènes religieux en général, sont extrêmement complexes. C'est à condition de se tenir à une grande distance d'eux, qu'on peut y découvrir un seul fait, fruit d'une mentalité simple; pour peu qu'on s'en rapproche, on reconnaît qu'on a devant soi une foule de faits reliés entre eux et sollicitant tous l'attention. Impossible de les envelopper d'un regard. On est forcé de les examiner successivement et dans un ordre déterminé.

Voici celui auquel nous nous sommes arrêté : 1° Aire d'extension et nom; 2° âge des adeptes; 3° choix des adeptes; 4° durée des épreuves; 5° lieu des épreuves: 6° cérémonies d'entrée; 7° déformations artificielles; 8° costume; 9° éducation, instruction; 10° prescriptions et défenses; 11° cérémonies de sortie; 12° après l'initiation.

(1) Globus, LXVI (1894), pp. 118-119. Frobenius a oublié d'ajouter le volume. Comme le Globus forme deux volumes par an, cette indication n'est cependant pas superflue.

Mais il n'existe pas qu'une société secrète au Bas-Congo; il y a deux institutions différentes : l'une s'appelle *nkimba;* l'autre, *ndembo*. Quel est leur caractère propre? La réponse à cette question est d'autant plus difficile que les auteurs les ont le plus souvent confondues : ils attribuent parfois à l'une ce qui revient à l'autre, ou négligent de spécifier de laquelle ils parlent.

Le besoin d'un critère objectif nous a fait adopter provisoirement le suivant : du nkimba les femmes sont sévèrement exclues; au ndembo, au contraire, elles sont admises. Nous exposerons d'abord les rites d'initiation pour hommes seuls; ensuite, ceux pour hommes et femmes indistinctement. De cette façon, nous nous efforcerons de déterminer la nature du nkimba et du ndembo, les ressemblances et les différences des deux institutions.

Les femmes sont exclues du nkimba, qui se présente comme la fête de la puberté. L'époque de la puberté constitue cependant un événement plus important dans la vie de la femme que dans celle de l'homme. N'y a-t-il donc pas pour la femme aussi des cérémonies de la puberté? Oui; mais, d'après Schurtz, ces cérémonies seraient une pâle copie des rites de la puberté chez l'homme. Sur ce point, nos renseignements sont fort défectueux. C'est le motif pour lequel nous plaçons à cet endroit tout ce que nous savons des rites de la puberté chez la femme au Bas-Congo.

M. Baerts nous apprend que, chez les Mushikongo, il existe une case servant à la retraite des jeunes filles avant leur mariage. Elle s'appelle le *muzuàki kumbi*. Le féticheur y invoque le fétiche de la fécondité.

Ce renseignement est confirmé par le Dr Chavanne : les huttes sont situées en dehors du village; les murs en sont peints de *takula;* aux jeunes filles qui y entrent on coupe les cheveux; leur corps est enduit d'huile de

palme et de *takula*. Après la nouvelle lune suivante, la jeune fille devient *nkumbi*. Elle est enveloppée de draps précieux, conduite triomphalement au village pour y être achetée (1).

Cela rappelle par plus d'un détail les cérémonies des fiançailles au Majombe (2).

D'après ces indications, les rites d'initiation des jeunes filles se feraient à une époque assez régulière. Bastian dit que ces rites se font pour guérir de certaines maladies ou pour les prévenir. Peut-on en conclure que les cérémonies n'ont lieu que quand une maladie s'est manifestée? Nous n'avons aucun renseignement à cet égard.

A propos des cérémonies d'initiation des femmes, rappelons la consécration des sorcières décrite par le R. P. Merlon : retraite de deux mois dans une hutte où le nganga seul peut voir la future sorcière; convocation des villages voisins; entrée en scène du sorcier et du grand fétiche; danses, procession au village, offrandes. Nous ne savons pas si ces renseignements ont été recueillis au Congo belge. Nous sommes plutôt porté à croire qu'ils se rapportent au Congo français. Le R. P. Merlon n'a rien fait pour dissiper ce doute.

I. — *Aire d'extension et nom*

Le nom des cérémonies de la puberté change d'un endroit à l'autre. Il arrive que les rites aussi se modifient, que leur ordre soit interverti. La connaissance de ces différences locales offre le plus grand intérêt, et l'on peut regretter que certains auteurs se soient crus dis-

(1) *O. c.*, 400.

(2) Les mêmes cérémonies de fiançailles furent observées par M. Lemaitre dans le Bas-Shiloango. La case, où la jeune fille est enfermée, est appelée maison du *Tacoul;* la jeune fille qui en franchit le seuil devient *tchicombi*. *O. c.*, pp. 120-121.

pensés d'indiquer l'endroit exact sur lequel portent leurs observations.

Le Rev. Bentley a observé l'existence des rites de la puberté, qu'il appelle *nkimba*, sur divers points du Bas-Congo, en particulier à San Salvador et à Wathen. C'est à une date assez récente que ces cérémonies y seraient arrivées de la côte; elles auraient pénétré jusqu'à deux cents milles environ en amont et à cinquante milles à l'intérieur des terres.

A l'embouchure du fleuve, nous rencontrons d'abord chez les Musorongo le R. P. Callewaert. Dans les îles et sur les rives, les rites de la puberté seraient en décadence, mais ils fleurissent à l'intérieur du pays. Les observations du Dr Chavanne portent sur la même région.

C'est dans la région des Cataractes, sur la rive sud, que travaillait le regretté P. Veys. Il résida au poste de Tumba. Le nom qu'il donne aux cérémonies d'initiation n'est pas *nkimba*, mais *kimpasi*. Ce terme signifie résurrection. *Fua kimpasi*, veut dire passer par la cérémonie de la résurrection. M. Ward a appelé les cérémonies de cette même région *nkimba* ou *fua kongo*. Les renseignements de ces deux auteurs nous font songer plutôt au ndembo qu'au nkimba. Cependant, du *kimpasi* du R. P. Veys les femmes sont soigneusement exclues. Faut-il en conclure que, dans la région des Cataractes, les cérémonies du ndembo ont eu une certaine influence sur celles du nkimba, ou bien que nos auteurs ont été induits en erreur et mêlent, sans le savoir, des cérémonies différentes? Attendons des informations plus précises avant de répondre à cette question.

En poursuivant notre route à l'est, nous rencontrons la rivière Inkisi. Kisantu est un poste important des Pères Jésuites. Les RR. PP. Butaye et Struyf parlent d'une institution qu'ils appellent *kimpasi*. Ici, il s'agit

bien de cérémonies qui doivent être assimilées au ndembo. Le R. P. Butaye parcourut dans tous les sens la région comprise entre l'Inkisi et la Nsele. Dans une conversation particulière, il nous signala l'existence, dans ces parages, d'une cérémonie qui répond au nkimba; c'est le *nzo o longo*, littéralement, la maison du mariage. *Longo*, au pluriel *tongo*, veut dire mariage.

Un terme analogue est employé par le missionnaire baptiste anglais Lewis pour désigner le nkimba; il l'appelle *nlongo*. La ressemblance entre les deux mots n'est cependant qu'apparente. *Nlongo* fait au pluriel *milongo* et signifie médecin, prohibition. Les observations du Rev. Lewis portent sur la région de Zombo, au sud-ouest de Ntumba Mani, à environ huit heures de marche dans le Congo portugais.

Revenons au fleuve. A Boma nous trouvons les nkimba *(inquimba, quimba)* de Bastian; à Banza Manteka, ceux de Baumann; à Kionzo, ceux de M. Van de Velde et du R. P. Goedleven. Les observations de ce dernier portent en outre sur Boma, Palaballa et le Majombe. Il appelle *nkimba*, le dieu ou fétiche en l'honneur duquel se font les cérémonies; les adeptes eux-mêmes sont appelés *zinkimba*.

Avec MM. Johnston et Dupont nous nous transportons entre Manjanga et Isangila. D'après M. Dupont, les cérémonies s'appellent *ndimba* à Vivi, et *kidimba* à Manjanga. M. Johnston emploie le terme de *nkimba*, *inkimba* et affirme que ces cérémonies ne se rencontrent pas en amont d'Isangila : elles se seraient répandues jusque deux cents milles de l'océan et se retrouveraient à la côte chez les Kabinda et les Loango au nord, dans l'Angola au sud. M. Glave aussi assure que les nkimba ne se rencontrent pas au delà de Manjanga et de Lukunga.

Les *inkimba* de M. Fuchs sont au nord de Boma,

vers le Majombe. Dans la collection de photographies de M. Demeuse figure un nkimba de Nekuku, village situé à une heure de Boma (1).

Les observations du lieutenant Gilmont se rapportent au Majombe. Le nom qu'il donne aux adeptes est tantôt *nkissiba*, tantôt *nkimba*. *Nkissiba* est, sans doute, une faute d'impression. C'est le nom de nkimba que leur donne le R. P. De Cleene auquel nous devons des renseignements très précieux sur la même région. Il put étudier de très près les *bakimba* du village Nkele.

Comme on le voit, le nom généralement employé pour désigner les cérémonies de la puberté est nkimba. Chez M. Slosse, il signifie le prêtre lui-même; chez le R. P. Goedleven, le dieu. Au pluriel, ce mot fait *bankimba* chez le R. P. De Cleene, et *zinkimba* chez le R. P. Goedleven. On rencontre aussi au singulier la forme *inkimba* (2). M. Morgan emploie le terme *inkimpi*, et Coquilhat celui de *nkissi* qui est le nom ordinaire pour désigner le fétiche.

Disons un mot maintenant du nom et de l'aire d'extension du ndembo. D'après le Rev. Bentley, il se distingue du nkimba en ce qu'il est répandu très loin à l'intérieur des terres. L'opération s'appelle *fula* : ressusciter; encore : *fwa e ndembo*, *fwa e nkita*, mourir ndembo, mourir nkita.

Les observations du Rev. Comber se rapportent au district de Wathen. Le nom qu'il emploie est *nkita*. C'est le nom d'un grand esprit que le R. P. Butaye entendit invoquer à cinq ou six lieues au nord de Kisantu. Ne serait-ce pas le puissant *Fankita* dont parle M. Dannfelt (3)? Il est représenté comme un dieu de

(1) Congo illustré, III (1894), 61.

(2) D'après le dictionnaire de Bentley, *nkimba* appartient à la deuxième classe. Le pluriel serait donc *nkimba*, anciennement *zinkimba*. Le R. P. Aug. De Clercq, recteur du séminaire de Scheut, que je consultai à ce sujet, dit que le pluriel est *zinkimba* ou *bakimba*.

(3) Dans le Mouvement géographique, VII (1890), 19a.

couleur noire qui vit retiré dans la forêt et fait entendre sa voix, la nuit. M. Dannfelt ajoute que l'ordre des nkimba est consacré à son culte.

Ce que M. Ward appelle *nkimba* ou *fua kongo* rentre dans notre catégorie ndembo. Il en est vraisemblablement de même du *kimpasi* du R. P. Veys, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Sur l'Inkisi, le *kimpasi* des RR. PP. Butaye et Struyf rappelle le ndembo, comme le *nzo o longo* rappelle le nkimba du Bas-Congo. D'après le témoignage du R. P. Struyf, le *kimpasi* n'existe plus à Kisantu, mais bien dans la région du Mbata qui commence à la rivière Fidi, à une dizaine d'heures au nord de Ntumba Mani et va jusqu'à Ntumba Mani et au delà, sur les deux rives de l'Inkisi.

Pour ndembo, M. De Bas emploie le terme de *ngemba*. Est-ce une variante locale ou le résultat d'une erreur? Nous penchons plutôt pour la dernière alternative.

II. — *Age des adeptes*

D'une façon générale, on peut affirmer que l'âge auquel on se soumet aux cérémonies du nkimba correspond à celui de la puberté. Parmi nos auteurs, les uns indiquent l'âge de dix à onze ans, comme M. Lejeune; les autres, comme M. Slosse, donnent celui de onze à douze ans, ou de douze à quatorze ans, comme M. Glave, ou de sept à quinze ans, comme M. Baumann, ou de quinze à dix-huit ans, comme Coquilhat, ou de huit à vingt ans, comme Bastian.

Le R. P. Butaye fixe l'âge des nkimba entre dix et quinze ans; il se souvient en avoir vus qui pouvaient avoir vingt ans. D'après M. Dupont, c'est vers l'âge de dix ou onze ans qu'on se fait nkimba; mais il ajoute qu'il n'y a pas d'âge fixe.

Les témoignages de M. Johnston ont quelque peu varié sur ce point. Il indique tantôt l'âge de douze à quinze ans (1), tantôt celui de onze à quarante ans (2), ou encore celui de quatorze à quarante ans (3). Ce qu'il y a d'étrange dans ces renseignements de M. Johnston, c'est que des hommes de quarante ans vivraient au nkimba avec de tout jeunes gens. Au ndembo c'est chose toute naturelle : des hommes et des femmes de tout âge s'y coudoient. Mais, s'il faut en croire la plupart de nos auteurs, il n'en serait pas de même au nkimba. Nous trouverions-nous ici en présence d'une fusion du nkimba et du ndembo? Cela n'est pas impossible. Mais, étant données les variations de l'auteur, nous préférons croire à une confusion de sa part.

L'âge d'admission au *kimpasi*, selon le R. P. Veys, est de douze à treize ans. M. Ward fixe à douze ans l'âge d'admission au nkimba (4). Toutefois, dans son article du JOURNAL OF THE ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE (5), il s'est écarté de sa version première : la cérémonie du nkimba ou *fua kongo* serait accessible aux garçons et aux filles, aux hommes et aux femmes quel que soit leur âge. C'est cette dernière version qui nous a permis, avec la réserve voulue, de rapporter au ndembo ces informations de M. Ward.

L'admission au ndembo n'est pas soumise aux mêmes conditions d'âge et de sexe que le nkimba : hommes et femmes, nous l'avons déjà dit, y vivent côte à côte avec garçons et filles. Nous sommes tenté de voir dans ce fait une distinction essentielle entre les deux institutions. Le nkimba est la fête de la puberté; le ndembo,

(1) *The River Congo*, 406.
(2) *The River Congo*, 69; et PROCEEDINGS OF THE R. GEOGR. SOCIETY, V (1883), 572.
(3) THE JOURNAL OF THE ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE, XIII (1884), 472.
(4) *Five years ...*, 54.
(5) XXIV (1895), 288.

au contraire, accessible à tous les âges, constitue plutôt une initiation dans une secte, dans une sorte de société secrète. Le *kimpasi* tiendrait des deux.

III. — *Choix des adeptes*

C'est le *ganga* ou prêtre qui se charge généralement de désigner ceux qui doivent devenir nkimba. Il déclare avoir vu dans ses *nkissi* que tel jeune homme aura à subir les cérémonies. Ces renseignements de M. Lejeune sont confirmés par le lieutenant Gilmont. Le *ntenda*, dont parle le R. P. De Cleene, est en même temps chef de village et directeur des nkimba: il fixe le jour de la convocation des néophytes et il est probable que c'est lui aussi qui les désigne. Le R. P. Goedleven laisse supposer que c'est le chef de la contrée qui se charge du choix des adeptes.

Deux témoignages s'écartent quelque peu des précédents. C'est d'abord celui de Coquilhat qui attribue à une palabre le soin de désigner les nkimba. D'après M. Slosse, les enfants, arrivés à l'âge de onze ou douze ans, se rendent spontanément chez le prêtre, appelé nkimba; celui-ci décide après un certain temps si l'enfant rentrera dans ses foyers ou suivra la carrière de féticheur.

L'admission des adeptes se fait à des intervalles assez réguliers. L'époque que lui assignent le lieutenant Van de Velde et, après lui, le R. P. Merlon, est le mois de juin, à la lune qui suit la dernière pluie, le premier mois de la *cacimba* ou saison sèche. Tous les auteurs ne sont pas aussi explicites. Pour le R. P. Goedleven, c'est tous les ans ou tous les deux ans, au gré des chefs; au Majombe aussi, nous l'avons dit déjà, c'est le *ntenda* qui choisit l'époque.

A ces témoignages qui constatent une certaine régu-

larité dans la convocation, s'opposent ceux de Bastian et de Dannfelt qui disent que les nkimba ne sont convoqués qu'à la suite d'un événement extraordinaire. Chaque fois, dit M. Dannfelt, que le dieu *Fankita* manifeste sa colère en détruisant les moissons, ou en entravant la réussite de la pêche, quantité de jeunes gens entrent dans l'ordre. Pour Bastian, la société ouvre son sein à de nouveaux membres chaque fois qu'il naît un paralytique ou un être difforme.

Dans l'un et dans l'autre cas, il peut se passer des années sans que des initiations de nkimba aient lieu. Il s'ensuit naturellement que l'âge des adeptes variera. Tel jeune homme qui serait en âge de devenir nkimba est refusé pour l'un ou l'autre motif; admis, à la prochaine initiation, c'est-à-dire dans deux ou trois ans peut-être, il dépassera d'autant l'âge normal. Il y aura donc des adeptes n'ayant pas encore atteint, ayant atteint et ayant dépassé l'âge de la puberté. C'est un point qui peut avoir son influence sur la transformation des cérémonies elles-mêmes.

Nous ne savons pas si le nombre des nkimba est limité. D'après MM. Wauters et Lejeune, le nombre normal serait de dix, quinze ou vingt. Le R. P. Goedleven fait varier leur nombre suivant l'importance des localités : tantôt ils seront cinquante, tantôt cent.

Il se pose ici une question plus importante au point de vue de l'organisation politique. Les nkimba sont-ils choisis parmi les enfants d'un seul village ou parmi ceux de villages différents? Anciennement, de l'avis du R. P. Butaye, chaque village avait son nkimba. M. Glave prétend qu'il en est encore ainsi. Ce n'est pas l'avis du plus grand nombre de nos auteurs. D'après ceux-ci, plusieurs villages seraient groupés autour d'un village chef-lieu, d'un *banza*. Là, réside le grand prêtre qui préside l'école des féticheurs. C'est notamment ce que nous apprend M. Dupont. Cela ne l'empêche pas de

mentionner quelques lignes plus loin, parmi les conditions d'admissibilité, que l'enfant doit être né dans le village même.

Le R. P. Goedleven aussi est d'avis que plusieurs villages se groupent pour former un nkimba : les chefs décident de l'opportunité de convoquer les jeunes gens; chaque village est représenté par une demi-douzaine de néophytes. Si nous prenons en moyenne soixante-dix néophytes, nous nous trouvons en présence d'un groupement d'une douzaine de villages, où les croyances et les coutumes seront uniformes du fait de l'éducation commune des enfants. C'est un fait très intéressant, et qui est indiqué aussi, d'une façon trop catégorique peut-être, par M. Lemaître : deux écoles, dit-il, dans le Bas-Congo, forment des féticheurs; la première est établie à Nekuku; la seconde, dans le Sundi.

Il reste à examiner les conditions d'admissibilité. D'abord le nkimba doit être en mesure de payer les honoraires du *ganga*. C'est l'avis de Bastian, Bentley, Dupont, etc. Ecoutons à ce sujet M. Lejeune : « Pour être instruit dans les mystères de la secte, on offre habituellement au ganga vingt pièces de mouchoirs et deux chèvres lorsque le féticheur doit se rendre assez loin pour accomplir les rites. Dans le cas contraire, c'est dix pièces et une chèvre ».

De plus, MM. Van de Velde, Coquilhat, Dupont, exigent qu'on soit fils d'homme libre. Coquilhat n'admet même que les plus intelligents parmi les fils d'hommes libres. M. Dupont fait une exception à la règle générale en faveur des fils d'un esclave influent par son intelligence et sa fortune.

Pour le R. P. Goedleven, il ne semble pas qu'il y ait des conditions spéciales pour l'admission au nombre des nkimba : tous les enfants mâles doivent subir ces épreuves; ne pas les subir serait une grande honte.

Le Dr Chavanne occupe ici une place à part : ce ne serait ni la naissance, ni la fortune, ni l'intelligence qui décideraient de l'admissibilité : entrent dans l'ordre ceux qui présentent un défaut corporel ou ceux qui, à la suite d'une décision de leur famille, doivent expier une faute des leurs. Toutefois, M. Chavanne n'assume pas la responsabilité de cette affirmation, il l'endosse à un converti, ancien nkimba.

L'admission au ndembo n'est pas soumise à tant de conditions. Le *ganga* se contente de recommander à quelques individus de simuler la mort. On se livre à des danses, on fait de la musique. La suggestion aidant, quelques-uns des spectateurs tombent à leur tour : ils sont morts ndembo. De cette façon, l'opérateur arrive à vingt, trente, parfois cinquante sujets qu'il s'efforcera de ressusciter.

Ici, on le devine, pas d'époque fixe pour l'admission. Une exception doit être faite pour le *kimpasi* du R. P. Veys qui se rapproche par ce détail du nkimba : il se tient de temps en temps, au gré des chefs; autrefois il avait lieu chaque année.

Ce sont des circonstances accidentelles qui provoquent un recrutement nouveau de ndembo : soit des cas d'avortement, d'après le Rev. Bentley; soit un accroissement de la mortalité, d'après le Rev. Comber; soit encore, d'après M. Ward, une diminution dans le nombre des naissances. Cette irrégularité dans le recrutement ne manque pas d'être suggestive. Elle donne à cette institution une allure bien marquée de magie. On cherche avant tout à apaiser les esprits, à se les rendre favorables, à acquérir du pouvoir sur eux. Ce n'est pas un culte à côté du culte régulier; mais, quand on le compare aux pratiques plus régulières des nkimba, il est permis d'y voir un culte anormal.

Les témoignages de Bastian et de Dannfelt, à suppo-

ser qu'ils soient exempts d'erreurs (1), montreraient une tendance des nkimba à devenir magiques à leur tour. Il faut en dire autant du passage du Dr Chavanne, dont nous venons de parler.

Quant au nombre des ndembo, il est aussi variable, plus variable même, que celui des nkimba. Le Rev. Bentley, nous l'avons déjà dit, le porte à vingt, trente ou cinquante; il a entendu parler de réunions comprenant jusque deux cents membres. Le Rev. Comber parle de réunions de trois cents ndembo : ils sont logés à raison de quarante à cinquante par hutte.

IV. — *Durée des épreuves*

Il règne une divergence d'idées très grande sur la durée des épreuves. Outre les différences locales, sur lesquelles nous croyons avoir suffisamment insisté, nous en signalerons ici deux causes principales. D'abord, certains auteurs oublient de dire de quelle année ils parlent. Il y a, en effet, l'année européenne et l'année indigène qui ne compte que six mois, la durée d'une saison. Ensuite, il convient de distinguer une durée minima et une durée maxima. Il n'est pas impossible à priori que l'initiation comprenne plusieurs étapes que tous ne doivent pas parcourir. De fait, la durée des épreuves est-elle la même pour tous les adeptes? C'est une question que beaucoup d'auteurs ne se sont pas posée.

MM. Johnston et Slosse affirment d'une façon vague qu'il existe différents stades d'initiation pour les nkimba; M. Wauters ajoute que c'est au bout d'un an

(1) Pour Dannfelt, il y a un motif de croire que ce qu'il attribue au nkimba pourrait bien appartenir au ndembo : la société a pour but de se rendre favorable l'esprit *Fankita*, qui n'est peut-être pas distinct du *nkita*, comme nous l'insinuions plus haut.

que se fait le triage : une élite reste, les autres retournent dans leurs foyers. C'est le renseignement le plus précis que nous ayons pu trouver sur cette question. Nous ignorons à quelle source et dans quelle localité il a été recueilli.

Voici, d'après différents auteurs, la durée des épreuves : M. Lejeune l'évalue à deux mois ; MM. Johnston (1), Dannfelt, Slosse et le R. P. De Cleene, à six mois ; MM. Morgan et Coquilhat, à une année ; le R. P. Goedleven, à une année et demie, à une année et moins encore depuis que l'État réclame les bras des travailleurs indigènes ; le Rev. Bentley et M. Ward, de six mois à deux ans ; M. Dupont, à un, deux, trois et même six ans ; M. Chavanne et le Rev. Richards, de deux à trois ans ; M. Glave, à deux ans, et plus ; M. Bastian, à quatre ans pour le Majombe ; M. Lemaître, de cinq à six ans, etc.

Comme durée moyenne du *kimpasi*, nous trouvons un à deux mois, chez le R. P. Veys. Les cérémonies que M. Ward appelle *kimba* ou *fua kongo* (2) dureraient de cinq à six ans.

Quant au véritable ndembo, sa durée serait de trois mois à trois ans, d'après le Rev. Bentley, tandis que le Rev. Comber lui donne seulement une durée de quelques mois.

Nos renseignements sur la durée des épreuves, on le voit, sont loin de s'accorder. La plupart manquent de précision et ce n'est qu'avec de grandes précautions qu'on peut les utiliser.

(1) Sic : Proc. R. G. Soc. London, V (1883), 572. Toutefois, dans son livre *The River Congo*, 406, il donne la durée de deux années indigènes, c'est-à-dire douze mois. Quelques lignes plus loin, il écrit : « pendant leurs six mois d'épreuves ».

(2) Sic : Journ. Anthr. Inst., XXIV (1895), 288. La durée de six mois à deux ans est donnée dans son livre : *Five years...*, 54.

V. — *Lieu des épreuves*

Si les témoignages sont discordants au sujet de la durée des épreuves, leur accord est complet concernant le lieu où elles se déroulent. C'est en dehors des agglomérations, dans le bois, que se passent les rites des nkimba. Leur résidence est masquée par des arbres touffus ou d'épais fourrés. Tous les adeptes sont réunis dans un même local, parfois dans deux ou trois locaux, suivant leur nombre. Au Majombe, leur résidence se compose généralement de deux ou trois cases délabrées qu'ils transportent du village à l'endroit des épreuves. Le R. P. De Cleene, de qui proviennent ces renseignements, l'appelle *kozo*.

Le R. P. Goedleven nous donne une description détaillée du théâtre de l'initiation. « L'école du nkimba se trouve toujours à proximité de quelque village et de quelque forêt, de telle façon que les chemins qui y conduisent forment une grande croix ; le haut de la croix est occupé par l'école qui s'appelle le *uwala*. Au bras gauche, il y a le village. Au bras droit, la forêt réservée aux élèves qu'on appelle *zinkimba*. Et au bas de la croix, c'est le lieu où se fait la première initiation. » Quant au *uwala* lui-même, c'est un grand chimbeck en paille où trône, contre une des parois, dans un panier, le fétiche nkimba.

M. Slosse parle des habitations semblables à celles du village, que les nkimba se construisent dans les forêts. Rappelons que M. Slosse donne le nom de nkimba aux *ganga*, sorciers qui, à certaines époques, se retirent ensemble dans les forêts. Ces sorciers seraient-ils d'anciens néophytes qui continueraient à se réunir de temps en temps dans les bois ?

La forêt qui est la scène du nkimba est aussi celle du *kimpasi* et du ndembo. La résidence des ndembo s'appelle

vela. Le R. P. Struyf rapporte que le *kimpasi* se pratique dans un enclos en dehors du village. A l'entrée, on voit huit à dix idoles. La hutte du sorcier se dresse au milieu.

Les nkimba et les ndembo cachent leurs mystères au fond des bois; la brousse les attire. Sur ce thème l'imagination féconde de Frobenius a brodé tout un système de psychologie africaine. Avant tout et à la base de tout, il place le culte des morts, le manisme, dont les rites de la puberté dérivent naturellement. Le séjour prolongé au bois des nkimba et des ndembo est pour lui en rapport évident avec un culte des arbres. Le culte des arbres ne serait qu'une forme évoluée du culte des morts. Je sais bien que ce n'est pas sous cette forme que Frobenius présente son interprétation du fait que l'initiation se pratique dans les bois; mais c'est bien là le squelette de sa dissertation sur le sens du culte des arbres (1).

Nous ne croyons pas qu'il faille voir dans la retraite au bois l'indication d'un culte des arbres; ce sont là des hypothèses trop subtiles. Il suffit d'invoquer le besoin de mystère qui est naturel à l'homme. Pour satisfaire ce besoin, le Bakongo utilise les forêts, les hautes herbes qui avoisinent son village. Il en tire tout l'effet qu'il peut pour s'autosuggestionner, pour en imposer aux non-initiés, aux femmes et aux enfants. Ce qu'il cherche avant tout, semble-t-il, c'est le secret. Je n'en veux d'autre preuve que la remarque suivante que je tiens du R. P. Butaye. Dans le voisinage des blancs, là où autrefois l'initiation se pratiquait à quelques pas de la route, sur la lisière du bois, on peut voir les initiés s'enfoncer plus profondément dans la forêt. Ils cherchent à se soustraire à tout regard indiscret; ils craignent beaucoup la risée des blancs.

(1) *O. c.*, 163.

VI. — *Cérémonies d'entrée*

L'entrée au nkimba comporte un cérémonial assez compliqué : administration d'un narcotique, festin, flagellation ou autres épreuves semblables, changement de costume, imposition d'un nouveau nom, instructions préliminaires, serment du secret; tels sont, d'une façon générale, les éléments de ce cérémonial. Nous n'y ajoutons pas la circoncision dont nous parlerons au chapitre suivant.

Tous nos auteurs ne signalent pas tous ces rites, mais cela ne doit pas nous surprendre. Ici tel rite pourra faire défaut, là les cérémonies se succéderont dans un ordre différent. Les divergences locales peuvent être très importantes. Mais comment nous assurer que nous nous trouvons en présence d'une différence locale? Pour que cela fût possible il faudrait que les observations eussent été faites d'une façon méthodique et qu'on pût tirer argument du silence d'un auteur.

En réalité, les enquêtes ont été faites au hasard des circonstances et les observations sont incomplètes; de ce fait, planent des doutes sur l'ordre de succession des rites. Un exemple le fera mieux saisir. M. F. Fuchs s'exprime de la façon suivante : « L'initiation d'un *inkimba* est entourée de mystère; elle a lieu la nuit, en grand cérémonial avec accompagnement de chants et de danses. L'initié prête le serment solennel de ne rien dévoiler de ce qu'il verra ou entendra; on lui déclare que sa mort et celle des siens seraient le châtiment de sa trahison. Puis, après lui avoir administré le narcotique, on lui rase la tête et on l'enduit de pâte blanche. S'il n'est pas encore circoncis, la cérémonie d'initiation s'achève par cette opération. » M. Demeuse a reproduit littéralement, et sans citer sa source, le passage de

M. Fuchs. Dans l'article de M. Wauters (1) nous retrouvons le même texte avec quelques variantes. Ici l'ordre de succession est clairement indiqué; tout au plus, peut-on faire observer que d'autres auteurs placent l'absorption du narcotique en tête. Mais toutes ces cérémonies se pratiquent-elles à l'entrée ou à la sortie? Nous penchons pour la première hypothèse. MM. Fuchs et Demeuse ne sont pas explicites à cet égard. A notre avis, ces cérémonies d'initiation clôturées par la circoncision, se placeront difficilement à la sortie du nkimba. Il faut au moins laisser au circoncis le temps matériellement nécessaire à la cicatrisation de sa plaie.

Cependant, si nous comprenons bien M. Wauters, ces cérémonies se placeraient à la sortie du nkimba. L'entrée ne se signalerait que par le changement de nom; et les cérémonies d'initiation, entourées de mystère, empruntées à M. Fuchs ou à M. Demeuse, s'accompliraient après les deux années de noviciat. Malgré cette affirmation de M. Wauters, nous croyons pouvoir continuer à considérer la description de M. Fuchs comme celle du cérémonial d'entrée. L'étude détaillée des RR. PP. De Cleene et Goedleven nous y autorise. Qu'il nous soit permis de reproduire ici textuellement le cérémonial d'entrée, tel que l'exposent ces deux missionnaires. Commençons par le R. P. De Cleene :

« Au jour choisi par lui, le *ntenda* de la région fait savoir que bon nombre de jeunes gens du pays n'ayant pas encore passé par les cérémonies du *zunga*, il détermine tel jour pour leur admission, puis pour leur entrée à l'école.

» Ce jour étant arrivé, et les jeunes gens en question étant réunis en un endroit assez distant du *kozo*, le *ntenda* leur fait un long discours sur les devoirs des *bankimba* et le droit qu'ils ont au respect de tous. Le

(1) Congo ill., I (1892), 3.

discours a pour accompagnement des danses, des contorsions, des simagrées.

» Cela fait, on prend un à un les futurs *bankimba* pour les porter en triomphe au *kozo*. Sur le parcours on leur promet qu'au soir, en un grand repas, ils mangeront le *ngulu-tongo*. Puis on les flagelle au moyen d'un petit balai, le *tusese*, fait de fines lattes de bambou. De temps en temps on s'arrête pour demander au patient si le *ngulu-tongo* lui plaît, s'il en a bien mangé, etc. Le malheureux répond qu'il n'en a pas encore goûté. Nouvelle flagellation, suivie de la même interrogation. Cela dure jusqu'à ce que le pauvre nkimba (singulier de *bankimba*) comprenne enfin que le *ngulu-tongo* c'est le balai. Dès lors, tout en comptant les larmes aux yeux les plaies qui sillonnent ses membres, il avoue qu'il a copieusement soupé, qu'il a le ventre très satisfait.

» Cette cérémonie barbare et dérisoire se répète pour chaque sujet. Cela fait, on boit du vin de palme. Après quoi, le *ntenda* défend à ses élèves de révéler quoi que ce soit de ce qu'ils viennent d'endurer ou qu'ils devront subir encore. Le violateur du secret serait puni par les fétiches qui le tueraient en lui faisant gonfler le ventre.

» Les principaux de ces fétiches s'appellent *Makuala* et *Matundu* (fig. 1). Dans toutes les circonstances officielles, le *ntenda* les porte avec lui, leur donnant mission de surveiller les élèves, de présider aux danses où ces minuscules magots sont portés en triomphe, ainsi qu'au changement de nom qui se fait pour les *bankimba* au jour où s'ouvre l'école. Chacun des jeunes gens prend l'un des noms approuvés par la loi des *ntendas*. Ils s'appelleront désormais comme les fétiches, *Makuala, Matundu, Sakala, Lutete, Mavinga*, etc.

» Cette cérémonie se trouvant terminée, chacun entre dans le *kozo*, après s'être dépouillé de tout vêtement, car, durant les six mois que durera leur séjour à

Fig. 1. — Les fétiches Makuala et Matundu, vus de profil et de face.

(Phot. des Pères de Scheut).

l'école, tous les élèves doivent aller complètement nus. Au second jour de l'initiation cependant on leur remet une ceinture en feuilles de palmier dont ils feront usage quand ils iront en quelque village ou qu'ils craindront la rencontre de quelque profane. Depuis le séjour des blancs dans le pays, la nudité n'est plus si rigoureuse d'ailleurs; ceux que je surpris dans leur asile portaient tous une petite loque rouge, en guise de pagne.

» Mais continuons et supposons que nos *bankimba* ont bien passé leur première nuit, fatigués qu'ils étaient par les cérémonies et par les coups de *ngulu-tongo*. Dès lors on se demande pourquoi nos intéressants sujets ont encore à passer six mois au *kozo*, puisque le changement de nom, but réel et unique, paraît-il, est accompli (1). C'est sans doute pour faire croire aux profanes qu'il s'agit en l'occurrence d'une affaire assez importante pour nécessiter toute une saison. Peut-être encore a-t-on conservé, faute d'autre chose, la mesure du temps que durait l'école réelle chez les ancêtres.

» Quoi qu'il en soit, à leur premier réveil au *kozo*, soit au chant du coq, nos *bankimba* ont à comparaître devant le *ntenda*, armé, comme de raison, de ses deux fétiches, *Makuala* et *Matundu*, tout enduits de craie. A l'exemple de ces deux patrons, nos gosses doivent se plâtrer, et renouveler l'opération assez souvent pour être blancs comme neige pendant six mois. Le front seul est entouré pour un temps d'un bandeau sous lequel la peau garde sa teinte. Mais dès qu'on a enlevé cet obstacle, la craie vient prendre sa place. Ces nègres peints en blanc font effet de fantômes, surtout lorsqu'ils se livrent à la danse. En ce cas d'ailleurs, ils portent leur ceinture de feuilles de palmier, de gros bracelets en bois, un collier de même matière simulant grossière-

(1) Nous ne croyons pas que le changement de nom soit le but réel et unique de cette institution. C'est simplement une des cérémonies les plus caractéristiques du nkimba.

ment des perles, le tout blanchi par l'indispensable craie. C'est le *ntenda* qui conduit ces danses, comme il en donne le signal. »

Voici la description du cérémonial tel qu'il se pratique à Kionzo, d'après le R. P. Goedleven : « Voyez-les sous la conduite d'un kapita, quitter leur village dès le premier chant du coq. Ils s'en vont vers le lieu de l'initiation, où ils doivent être arrivés avant le lever du soleil. Là arrive bientôt le *nganga* ou féticheur du nkimba. Il commence par dépouiller le postulant de tous ses vêtements; puis, il l'étend par terre, et, comme un boulanger qui travaille sa pâte, il le frappe trois fois du poing en le roulant trois fois par terre. Enfin, se penchant au-dessus du postulant, il prononce dans la langue du nkimba et en appuyant terriblement sur chaque syllabe son nouveau nom. Ainsi pour dire le nom de *Kinkela*, il dira : *Or-ki-nke-ve-zo !* Cela fait, le postulant se lève et s'assied. Et le sorcier, secouant la face vers la place d'où le postulant s'est levé, s'écrie d'une voix plus vibrante encore que tantôt : *Auakwe-zié!* Aussitôt on se met à enduire et à frotter le corps du postulant avec de la terre blanche (terre de pipe)..., et ce corps noir est bientôt devenu blanc, aussi blanc qu'un mur badigeonné ! Après ceci, le farouche sorcier donne à l'initié les premières leçons de chant de son nouveau nom... Cela se fait avec force arguments frappants et, même parfois, en serrant la corde au cou... C'est que ces féticheurs savent bien que la crainte est le commencement de la sagesse, pour le pauvre nègre surtout.

» Toute cette cérémonie d'initiation au bas de la croix (1) s'appelle *Djibangudilu*.

» Tous les novices étant badigeonnés, on entoure leurs reins de feuilles de palmier; le féticheur leur

(1) Il s'agit de la croix formée par les chemins qui conduisent à l'école du nkimba.

indique brièvement le règlement qu'ils auront à suivre au *uwala;* puis, prenant le premier par une feuille de son habit de verdure, il les conduit au village voisin, où tous doivent le suivre les yeux baissés! Pendant le trajet, pour lequel on a attendu les premières clartés du soleil levant, les nouveaux initiés, aidés de leurs aînés, chantent un hymme à l'esprit :

Nseke eseke zingangu zavuila vana ntima.
Amingwala kebelanda zo wa ko.
Ana befwa e nkimba, bezai zingangu za nkimba.

» L'idée de ce chant est celle-ci :

» Les petits oiseaux de *Eseke* ont de l'esprit plein le cœur. Les *mingwala*, c'est-à-dire, ceux qui n'ont pas passé par l'école du nkimba, ne peuvent comprendre cet esprit. Mais les *zinkimba* reçoivent l'esprit du nkimba.

» Arrivés au village où toutes les femmes sont accourues, le sorcier leur dit solennellement ces mots : *Bau fwidi; bafukidi diaka; wan talabena kwiza :* « Voyez, ils étaient morts, et ils sont ressuscités; les voilà qui arrivent! ».

» Alors le *nganga* serre son petit doigt successivement autour du petit doigt de chaque novice, et, élevant ainsi leur bras, ils prononcent leur nom nouveau. Il prend ensuite du sel mêlé avec du pilipili et, avec le pouce, il met de ce sel sur la langue des novices. Alors seulement, c'est-à-dire, vers 11 heures, les novices peuvent prendre de la nourriture, car jusque-là ils étaient à jeun. Ne croyez pas cependant que ces jeunes gens couverts seulement de quelques feuilles, et cachés derrière un masque de badigeon, aient un air dissolu; le premier qui aurait le malheur de lever les yeux sur une femme, serait immédiatement tué.

» Du village, ils se rendent au *uwala*, l'école du nkimba. C'est un grand chimbeck en paille, où trône

contre une des parois et dans un panier le fétiche nkimba. Y étant arrivés, les novices jettent leur habit de verdure, car le fétiche nkimba ne permet pas que l'on se présente dans son temple à moins d'être tout nu. Là le *nganga* leur apprend tout le réglement qu'ils auront à suivre... »

Ces descriptions se passent de commentaires; nous y ajouterons un détail que nous tenons du R. P. Butaye. Pour la cérémonie d'entrée au *nzo o longo*, on prépare autant de bâtons qu'il y a de novices. Ces bâtons mesurent environ 2 mètres et se terminent en forme de boule. Après avoir servi aux rites initiaux, ils sont soigneusement mis de côté et gardés pour la cérémonie de sortie.

C'est à la cérémonie d'entrée que la plupart des auteurs placent le changement de nom. Le lieutenant Van de Velde le place à la sortie, par erreur sans doute. Voici une liste des noms qui sont donnés généralement au choix du chef ou du *nganga* :

NOMS DONNÉS AUX NKIMBA

Bastian	Morgan	Glave	Lejeune	Gilmont	Butaye	Goedleven	De Cleene
—	—	—	—	—	—	—	—
Lusala.	Sakala.	Kinkila.	Sakala.	Sakala.	Madiango.	Lusala.	Sakala.
Lutete.	Lutete.	Nehama.	Lutete.	Lutete.	Makengo.	Kinkela.	Lutete.
Chinkele.			Tjiama.	Nsuki.	Kabuiko.		Makuala.
Luvungu.					Pululu.		Matundu.
					Nzeza.		Mavinga.
					Makitu.		
					Makabi.		

Au ndembo aussi, les initiés prennent un nouveau nom différent de celui des nkimba. Voici quelques noms de ndembo : d'après le R. P. Butaye, *Nanzambi*, *Nalumbu*, etc.; d'après le Rev. Bentley, *Mavakala*, *Nkau*, *Lema*, *Ekulu*, *Mata*, *Lulendo*, *Nkanga*, *Masamba*, *Maleko*, etc. (1).

(1) Une liste plus complète de noms de ndembo se trouve dans l'appendice du dictionnaire de Bentley, 881.

L'entrée d'un nouveau membre au ndembo s'accompagne toujours d'un simulacre de mort que les Rev. Bentley et Comber décrivent de la façon suivante : le futur membre est informé d'avance du rôle qu'il a à jouer; le sorcier du village secoue sa crécelle; les adeptes tombent aussitôt sur le sol; on les enveloppe d'une toile et on les transporte au bois; la jeunesse des deux sexes suit le cortège; quelques-uns ressentent des attaques d'hystérie, d'autres les feignent : ils sont morts ndembo et l'art du sorcier s'appliquera à les rappeler à la vie.

Le nkimba ressemble au ndembo, dit Schurtz (1), en ce que les cérémonies de l'initiation sont accompagnées d'une mort simulée. Nous ne partageons pas cet avis. Quelques auteurs, il est vrai, parlent d'un simulacre de mort à propos des nkimba; mais les descriptions détaillées des cérémonies initiales ne donnent pas du tout la même impression. Il est permis de croire de la part de ces auteurs à une confusion. C'est le cas pour Ward : les nkimba doivent prendre un breuvage qui leur enlève le sentiment; ils sont dits morts et transportés dans la forêt. Chaque fois qu'un nouveau membre est enrôlé, l'arc-en-ciel paraît : les nkimba le considèrent comme leur père. C'est là un renseignement que nous ne trouvons nulle part ailleurs. Rappelons que les nkimba dont Ward parle ici sont plutôt des ndembo.

Au kimpasi nous trouvons cette représentation théâtrale de la mort comme au ndembo. Ecoutons le R. P. Veys : « Au jour convenu, tous ces jeunes gens se réunissent dans le village le plus rapproché où les attend le *nganga* ou le féticheur du *kimpasi*, Là, arrivés devant les fétiches protecteurs du *kimpasi : nkandi za kimpasi*, tous se couchent par terre et le *nganga*, aidé de quelques anciens ressuscités, les

(1) Bull. Soc. Et. Colon., X (1903), 250.

couvre de nattes. Le féticheur alors les asperge de *lemba-lemba*. Avant qu'ils puissent se lever, le *nganga* doit leur avoir donné trois coups de baguette sur la cuisse. Aussitôt après commencent les danses en l'honneur de fétiches protecteurs du *kimpasi*. »

Quand on rapproche de cette dramatisation de la mort, le fait que le ndembo recrute des adeptes surtout à la suite d'accidents, d'épidémies, de diminution du nombre de naissances, etc., il ne paraît pas téméraire de voir dans la mort apparente des adeptes un rite magique : l'initié cherche à se mettre en communication avec les esprits pour se les rendre favorables. Ici encore nous constatons que le ndembo, par un caractère magique assez prononcé, se distingue du nkimba.

VIII. — *Déformations artificielles*

Parmi les déformations artificielles qui se pratiquent à l'occasion des cérémonies de la puberté, la circoncision surtout doit nous occuper. Elle semble être tout à fait étrangère aux rites du ndembo. Aucun auteur ne la signale comme étant en rapport avec cette institution. En est-il de même du nkimba? Les auteurs ne sont pas d'accord. Les uns — et c'est le grand nombre — signalent la circoncision comme un des rites initiaux. Ce sont, entre autres, Ward (1), Johnston, Slosse, Morgan, Fuchs, Demeuse, Wauters, Van de Velde, Merlon. Bastian dit que la circoncision est pratiquée dans les bois; les cérémonies qui la suivent ont lieu dans la maison *inkimba*, hors du village.

D'autres ne considèrent pas la circoncision comme faisant partie intégrante des rites du nkimba. Parmi ceux-ci, signalons d'abord le R. P. Veys, d'après lequel la circoncision se pratique au gré des parents,

(1) *Five years ...*, 54.

tantôt vers l'âge de trois ou quatre mois, tantôt vers l'âge adulte. Le R. P. Callewaert place l'opération soit à l'époque où l'enfant commence à marcher, soit vers l'âge de 12 ans. Pour M. Dannfelt, elle a lieu exclusivement entre l'âge de un à cinq mois. Quant aux RR. PP. Goedleven et De Cleene, qui décrivent en détails les rites de la puberté, ils ne mentionnent pas la circoncision.

Un seul auteur, et ce n'est pas le moins important, le Rev. Bentley, affirme d'une façon explicite que la circoncision se pratique couramment au Bas-Congo mais qu'elle n'a rien à voir ni avec le nkimba ni avec le ndembo.

Qui faut-il croire? Parmi ceux qui établissent une connexion entre la circoncision et le nkimba, il en est qui manquent parfois de précision et d'exactitude. M. Johnston, par exemple, croit que les nkimba sont de jeunes gens qui subissent la circoncision; quelques lignes plus loin il affirme qu'ils ont, les uns quatorze, les autres quarante ans. On admettra difficilement que les Bakongo se fassent circoncire à l'âge de quarante ans.

D'autre part, le témoignage du Rev. Bentley nous paraît un peu trop catégorique. Si la circoncision était, dans toutes les parties du Bas-Congo, étrangère aux rites du nkimba, comment expliquer que tant d'auteurs s'y sont trompés? De plus, n'y a-t-il pas une certaine vraisemblance à voir les rites de la puberté s'accompagner de la circoncision? Le pagne en fibres de palmier, obligatoire pour les nkimba, aurait, paraît-il, dans l'esprit des nègres, la vertu de hâter la guérison du circoncis. On pourrait invoquer aussi contre le témoignage du Rev. Bentley la comparaison des cérémonies qui accompagnent la circoncision dans d'autres parties du Congo, par exemple au Tanganika.

Des témoignages mentionnés, nous croyons pouvoir retenir ceci : la circoncision ne se pratique pas partout et toujours au même âge; tantôt elle a lieu dès la plus

tendre enfance, tantôt elle est remise à l'époque de la puberté. Mais tous ceux qui ont passé par les cérémonies du nkimba sont, par le fait même, circoncis; s'ils ne l'étaient pas au moment de leur admission, on commence par leur faire subir cette opération.

Il est donc vrai de dire que la circoncision ne fait pas partie intégrante du nkimba, mais qu'elle ne lui est cependant pas tout à fait étrangère. Il n'est pas impossible qu'anciennement elle ait constitué la cérémonie principale de la puberté et ait été pratiquée exclusivement à cette époque. Plus tard seulement, quand l'expérience aura appris que l'opération pratiquée sur le petit enfant est moins pénible et moins dangereuse, on aura commencé à circoncire les enfants très jeunes. Cette hypothèse permettrait d'expliquer certaines discordances. Pour l'étayer, il conviendrait de faire porter les recherches sur des territoires plus étendus.

Qui pratique la circoncision? M. Van de Velde dit que c'est quelque vieillard; le R. P. Veys, au contraire, en fait la fonction du *nganga mapuata* dont les honoraires seraient de 25 mitakos, soit 25 centimes de notre monnaie.

Quand on demande aux indigènes pourquoi ils se font circoncire, ils répondent en général qu'ils ne le savent pas. Leurs pères ont toujours fait ainsi, et ils se contentent de les imiter. Quelques-uns cependant répondront que c'est pour éviter des maladies; d'autres, que sans cela ils ne pourraient pas se marier. On le voit, nous nous trouvons en présence d'une pratique qui a ses racines dans le passé lointain et dont le sens véritable s'est perdu.

Pour expliquer l'origine de la circoncision on a avancé le s hypothèses les plus variées. Faut-il l'attribuer à des influences arabes? Nous ne le pensons pas. Nous ne croyons pas non plus que la circoncision soit, comme le voudrait M. Johnston, une survivance d'un

culte phallique, dont il aurait trouvé de nombreuses traces au Bas-Congo, entre autres dans les eunuques dont il a été déjà question. Nous pensons qu'on a souvent abusé de ce vocable. Quand on trouve une amulette sous forme de phallus, une idole aux organes génitaux anormalement développés, aussitôt on parle de manifestation ou de survivance d'un culte phallique. N'est-ce pas détourner le mot culte de son sens véritable? On s'expose ainsi à considérer comme primitif ce qui parfois n'est qu'une création de l'imagination mise au service de l'instinct sexuel.

Schurtz pense que la circoncision aurait été, à l'origine, un moyen naïf de faciliter la génération. Ce serait le produit d'un concept magico-médical. Cela ne nous paraît pas impossible. Mais ici, comme pour toutes les questions d'origine, une sage réserve s'impose.

En dehors de la circoncision, il existe d'autres déformations qui devraient, d'après Schurtz, faire partie des rites de la puberté. Ce sont les tatouages, le limage des dents, etc., qui constituent quelquefois des marques tribales. Nous ne les trouvons signalés nulle part comme se rattachant au nkimba. Le R. P. Veys donne la description de l'opération du tatouage (1). Chose curieuse, à l'occasion de cette opération qui s'appelle *nsamba*, le prêtre défend aux noirs de manger de telle ou telle viande, de tel ou tel poisson. Nous y reviendrons à propos des prescriptions.

VIII. — *Costume*

Les nkimba se reconnaissent facilement à leur accoutrement. Il est à ce point bizarre que certains voyageurs ont comparé les initiés à des clowns. C'est bien des clowns en effet que rappellent ces êtres barbouillés

(1) Mouv. antiesclav. XV (1903), 36-37 et Le Congo, t. II (1905), 111 et 125.

de la tête aux pieds d'argile blanche, et portant autour des reins une espèce de crinoline faite d'un cerceau en osier d'où pendent en larges franges des nervures et des feuilles de palmier.

Ici les renseignements sont assez bien d'accord. Bastian, les RR. PP. De Cleene et Goedleven distinguent la tenue d'école et la tenue de sortie. Le port du pagne en feuilles de palmier n'est obligatoire qu'aux sorties; dans leur retraite, les nkimba se passent de tout vêtement. D'après M. Wauters, le torse et la figure seuls seraient enduits d'argile; la tête serait rasée, les sourcils peints en rouge. Au lieu d'une peinture blanche, M. Dannfelt rapporte qu'ils s'enduisent le corps d'huile. Comme ornements ils portent sur la tête, dit M. Lejeune, une coiffure ornée de plumes de poule. Le R. P. De Cleene nous les montre, au début des épreuves, le front orné d'un bandeau; aux danses, ils porteraient des ornements spéciaux que nous avons décrits au paragraphe VI.

S'il faut en croire M. Johnston, il y aurait trois stades d'initiation à chacun desquels répondrait un costume spécial. D'autres auteurs insinuent aussi qu'il y aurait différents degrés d'initiation. Nous en avons dit un mot à propos de la durée des épreuves, mais nous n'avons aucun renseignement précis sur le rapport du costume avec les stades d'initiation.

Il n'est pas impossible que le pagne en fibres doive, dans l'idée des indigènes, favoriser la guérison des plaies produites par la circoncision. D'autre part, le fait que les prêtres portent toujours des tissus en fibres indigènes semble indiquer qu'on attache une certaine vertu magique à ce costume. Quant à la peinture blanche dont se barbouillent les nkimba, Frobenius y voit l'indication d'un culte solaire. Nous avons dit plus haut combien cette interprétation nous paraît fantaisiste.

Les peintures corporelles des ndembo diffèrent de celles des nkimba; elles sont rouges. Ici encore Frobenius a vu des éléments solaires : le blanc lui rappelle le soleil en plein midi; le rouge, le soleil à son lever et à son coucher (1).

Les ndembo vont nus pendant toute la durée des épreuves. C'est, qu'étant morts, ils ne doivent pas sortir de leur retraite et se montrer aux hommes. Leur costume d'intérieur est le même que celui des nkimba; le costume de sortie n'existe pas pour eux.

IX. — *Éducation, instruction*

Ce qui, dans les rites de la puberté, est surtout fait pour exciter notre curiosité, c'est l'instruction qui s'y donne. Souvent le nkimba a été appelé une école de féticheurs. Et de fait, c'est bien une sorte d'école, où les jeunes générations reçoivent une formation religieuse et civique, où ils apprennent ce qu'ils doivent savoir pour participer activement à la vie du village et de la tribu.

Celui qui est chargé de l'instruction des adeptes est généralement le *nganga*, le prêtre féticheur, qui peut être en même temps chef de village, comme c'est le cas pour le *ntenda* du R. P. De Cleene. M. Van de Velde dit que c'est un ancien du village. Rien ne permet de supposer que le directeur des nkimba dépende, dans son enseignement, de qui que ce soit. Il enseigne tout ce qui lui plaît et son rôle est d'autant plus important que les élèves doivent garder le secret le plus strict sur tout ce qu'ils apprennent. Les conséquences de cette autorité absolue de l'instructeur des nkimba sont considérables au point de vue de l'évolution des croyances et des pra-

(1) *O. c.*, 200.

tiques religieuses; et il est permis de se demander si beaucoup de modifications locales ne trouvent pas, dans ce fait, leur explication. D'après Bastian, le *nganga* du nkimba s'appelle *matando;* le professeur de la langue secrète, *mutende ankïmba*, l'assistant de celui-ci *baku;* le professeur de danse, *sangila*. Cette spécialisation semble être une exception; en général, l'instruction et la direction des nkimba sont confiées au féticheur.

La langue véhiculaire de l'enseignement est secrète; son existence est attestée par tous ceux qui se sont occupés des rites de la puberté. M. Dannfelt, qui séjourna douze ans au Congo, en aurait connu la clef, au dire du lieutenant Gilmont; mais lui-même se contente de dire que la langue des nkimba diffère du *kikongo* (la langue du Bakongo). Elle se caractériserait, d'après M. Van de Velde, par un roulement de l'*r* qui, dans le langage ordinaire, est remplacé soit par *l* soit par *d*; d'après M. Dupont, elle se caractériserait plutôt par des sons gutturaux.

Le Rev. Bentley est plus explicite : la langue des nkimba s'appelle *Kimwamwu*; elle se caractérise par ce qu'il appelle *alliteral concord;* son vocabulaire est peu étendu. Quelques mots ressemblent à du kikongo modifié, d'autres en diffèrent complètement. Le Rev. Bentley assure qu'il a pu recueillir un vocabulaire de cette langue comprenant au delà de deux cents mots et quelques phrases. Ce vocabulaire, à notre connaissance, n'a pas été publié. Voici quelques mots de cette langue d'après le Rev. Bentley :

Kikongo	*Français*	*Kimwamwu*
Lusala	Plume	Lusamwa
Vana	Donner	Jana
Kwenda	Aller	Diomva
Masa	Maïs	Nzimvu, etc.

En voici d'autres d'après le R. P. Goedleven :

Kikongo	*Français*	*Kimwamwu*
Mono	Je	Ngono
Ngye	Toi	Ngeko
Yandi	Il	Bwamvi
Yeto	Nous	Bwevo
Yeno	Vous	Bweno
Ban	Eux	Bwau
Dia	Manger	Matafa
Lela	Dormir	Labula
Nzo	Maison	Nziarambwamva
Kisi	Fétiche	Bafa
Mbele	Couteau	Kafadu
Loto	Cuiller	Kindiafi
Ntia	Feu	Ngiovi

Nous ne savons rien de plus précis sur la nature et sur l'origine de cette langue qui se transmet par l'enseignement oral. Serait-ce une forme archaïque du bantu, conservée pour les besoins de la religion? Cela n'est pas impossible, mais M. Johnston, qui émet cette hypothèse, n'a pas essayé de la rendre vraisemblable. M. Meinhof s'est occupé de cette langue dans l'article du Globus que nous citons dans la bibliographie.

Outre la langue secrète, dont ils se servent entre eux, les adeptes du nkimba s'initient aux arts et aux métiers. Ils apprennent à construire des cases, à tresser des paniers (Van de Velde), à faire du vin de palme, à pêcher (Bastian). Mais c'est surtout aux chants et aux danses qu'ils s'exercent (1). Nous donnons ici, d'après le R. P. Goedleven, quelques chants enseignés au *Uwala :*

(1) M. Van de Velde assista avec le Dr Allard à un de ces ballets organisés par le roi de Kionzo. Ne pouvant transcrire ce détail trop précis, le R. P. Merlon l'a remplacé par une phrase peu compromettante : « On leur enseigne également des danses de caractère ».

Chant matinal

Nkai muna finda kadelele,
Mbambiankila ke aleganga ko.

L'antilope dans la forêt dort, mais sa queue ne dort jamais.
C'est-à-dire, soyez toujours vigilant.

Chant du soir

Kala u tomi situmuka wakakwendela mu lusungi lua ugonde.

Être adepte du *nkimba*, c'est avoir de l'esprit, lequel (sans cela) s'en va comme la demi-lune en décroissance.

Chant du nom Kinkela

Malavu maluaza padi jo nkanka maluaza Kinkela, ke malembana ko — Nkanka ankele kia lungundumwa sambu kiatumwa kumbi jaluila.

Le *padi* et le *nkanba*, espèce d'écureuils, font ou prononcent le nom *Kinkela,* pendant que sur l'arbre ils prennent le *malafu* (le jus du palmier). Le *nkanba*, bien que parlant beaucoup et savamment, n'a pas la langue chargée, fatiguée. De même, le travail est toujours ordonné.

Chant du nom Lusala

Mu ndimba volokele mbele za lusala. Tomba wamona yo. I lusala luâ muni avunga — avunga — zavungamena kwandi ku nkozo!

Les couteaux (les plumes) de *Lusala* sont perdus dans la vallée : cherchez à les revoir! Voyez les *lusala*, c'est-à-dire les plumes de l'oiseau *avungu*, vous les retrouvez au Uwala.

En dehors des arts et métiers, les nkimba sont instruits des croyances religieuses et des règles morales. Ils apprennent l'histoire des *nkissi*, la vertu médicinale des plantes, et surtout le code des coutumes régionales

que M. Van de Velde appelle *kiziles*. Les *kiziles* sont des lois; par corruption, le mot peut signifier aussi défense. En voici quelques-unes, d'après M. Van de Velde : « Il est *kizile* de venir en armes au marché; même les couteaux et les bâtons sont défendus; mesure très sage, car il se boit à ces réunions de grandes quantités de vin de palme fermenté. Celui qui se sert d'une arme au marché est enterré vif ou tué, et son cadavre est brûlé en présence de tous les assistants... Celui qui est surpris à voler est tué et le cadavre est attaché à une potence sur le sentier des caravanes pour y servir d'exemple. La femme adultère est mise à mort; son cadavre est traîné dans la brousse pour y servir de pâture aux animaux sauvages. Le complice devient l'esclave du mari outragé. Quand un homme s'est enivré au point de causer du scandale, le liquide dont il a bu lui est déclaré *kizile* et s'il est surpris à en boire malgré la défense, il paiera une forte amende. Il est *kizile* de faire la guerre depuis le coucher du soleil jusqu'à son lever. »

Ce n'est là évidemment qu'une minime partie du cours de droit indigène que les nkimba doivent s'assimiler. Nous sommes plus mal renseignés encore pour ce qui regarde l'enseignement religieux. Au sujet de toutes ces questions, les indigènes se montrent extrêmement réservés.

Connaissons-nous au moins les méthodes d'éducation qui président au nkimba? M. Glave nous apprend que le moyen d'éducation le plus usité est le bâton. Un nkimba éprouve-t-il quelque difficulté à admettre ce que le maître enseigne, il est battu jusqu'à ce que sa soumission soit acquise.

C'est à peu près tout ce que nous savons sur l'instruction que reçoivent les nkimba. Au sujet des ndembo nos renseignements sont beaucoup moins explicites encore; si le Rev. Comber ne disait pas qu'on leur apprend

leurs devoirs, on pourrait douter qu'il s'y donne quelque enseignement.

Chose curieuse, les ndembo ont une langue secrète, parfaitement distincte de celle des nkimba. Elle s'appelle *Kizengi*. D'après le Rev. Bentley, son vocabulaire est moins étendu. On y donne à certaines choses un nom emphatique : c'est ainsi que l'œil s'appellera le possesseur de la vue; l'oreille, le seigneur de l'ouïe, etc. Pour désigner une chose qui n'a pas de terme propre dans la langue secrète, on donne au mot kikongo le préfixe *ne*; parfois on ajoute *lwa*. La phrase kikongo : *Ke diambu ko mbazi tukwenda* deviendra dans la langue des ndembo : *Ke ne diambulwa ne ko ne kiaji kia nengundu jelala tukwenda ne ngjalala* (1).

En comparant le ndembo au nkimba, nous arrivons ici encore à la conclusion que c'est la dernière qui est la véritable cérémonie de la puberté. Les jeunes gens y reçoivent une préparation générale, uniforme, à la vie publique. Le besoin auquel répond le ndembo semble être moins régulier et d'une portée moins générale : ce serait, comme nous l'avons déjà indiqué, un culte, en quelque sorte anormal, à caractère magique.

X. — *Prescriptions et défenses*

Les nkimba, on le suppose bien, ne vivent pas sous le régime du droit commun. Ils jouissent de certains privilèges; ils sont soumis aussi à certaines défenses.

Au Majombe, le R. P. De Cleene rapporte qu'ils sont placés sous la surveillance des deux fétiches *Makuala* et *Matundu* dont le missionnaire parvint à négocier l'achat. Ils sont actuellement au musée congolais du séminaire de Scheut et, grâce à l'obligeance

(1) Bentley. *Dictionary and Grammar*, appendix, 850.

du R. P. Aug. De Clercq, nous avons pu en reproduire une photographie (fig. 1).

Les nkimba vivent aux frais du village. Voici comment ils sont ravitaillés : d'après M. Dupont, la mère ou la sœur d'un adepte va déposer chaque jour la nourriture de celui-ci dans le voisinage de l'enclos. Pendant ce travail, elles doivent chanter ou avoir des clochetons; car le nkimba qui les verrait devrait les saisir, appeler ses compagnons et les immoler séance tenante. M. Ulff va jusqu'à prétendre qu'ils mangent les victimes. Le même sort serait réservé à tout non-initié. Aussi le soin du ravitaillement des nkimba incombe, d'après le R. P. Goedleven, à des ex-nkimba, qui revêtent pour la circonstance un pagne de verdure.

Quand ils sortent, les nkimba doivent pousser continuellement des cris pour avertir les passants de leur présence. Tout le monde doit s'écarter de leur chemin sous peine d'être molesté. Quand il s'agit d'une femme, le cas est plus grave. Autrefois, aux dires de M. Fuchs, une femme rencontrée par un nkimba devait être égorgée. Il est curieux de voir comme les mœurs changent. Aujourd'hui, dit le R. P. De Cleene, les nkimba s'embusquent pour jouer des tours lucratifs aux femmes. Application d'un principe nouveau : une femme rencontrant un nkimba non revêtu de sa ceinture doit payer une amende, à moins de prouver qu'elle chantait à ce moment. En aucune façon, une femme ne doit regarder un nkimba en face (1).

Ceci ne se rattache-t-il pas plus ou moins directement à l'obligation qui est faite aux nkimba de s'abstenir de tous rapports sexuels? Cette défense est très sévère, paraît-il. Le nkimba a même l'interdiction de manger des mets préparés par des femmes; c'est du moins ce que dit M. Lejeune.

(1) M. Armani considère que le but de l'institution est d'éloigner des femmes les jeunes gens qui ne sont pas encore mûrs pour le mariage.

Il est défendu au nkimba de mettre des pagnes en étoffe, et de se laver (Bastian, Johnston, Coquilhat) : il en serait pour son plâtrage à la craie, qu'il doit, d'après M. Gilmont, entretenir et réparer éventuellement. L'entretien de la couleur donnerait lieu à une cérémonie spéciale (Johnston).

Le nkimba doit rompre toute communication avec sa famille, son village, sa tribu (Coquilhat, Chavanne). M. Lejeune nous apprend que le jeune homme ne peut pas quitter la hutte que lui a construite le nganga et, M. Gilmont, qu'il ne peut parler qu'au *nganga nkissi*. La réclusion ne semble pas être également sévère dans toutes les régions. Chez les Mushikongo, par exemple, M. Chavanne signale que le nkimba, en dernière année, a le droit de communiquer avec ses proches et de travailler au village.

D'après Bastian, leur principale occupation consisterait à boire et à manger : ils sortiraient de retraite gros et gras.

Pendant le jour, ils se promènent au bois (Bentley); en dehors des heures consacrées à l'instruction, le R.P. Goedleven nous les dépeint s'occupant des travaux indigènes, faisant des nattes, des pans pour chimbecks, des vases en terre, des pipes, etc. Tous ces objets sont vendus. « Le prix, dont la grosse part s'en va au sorcier, sert à acheter des étoffes et tout ce qu'il faudra pour célébrer dignement la fête de clôture. »

Le soir, dit le R. P. De Cleene, ils ont leurs réunions générales. La nuit, le Rev. Bentley nous les montre rôdant dans les villages et chassant les mauvais esprits. Il est probable que ceci ne se passe que de temps en temps, comme les danses, sorte de fêtes rituelles, pour lesquelles ils se réunissent dans les endroits les moins accessibles. M. Chavanne place ces danses aux époques de pleine lune.

Au *kimpasi*, le temps se passerait en conversations

déshonnêtes et en danses lascives. C'est d'un enfant de la mission que le R. P. Veys tint ce renseignement; il est possible qu'il soit quelque peu exagéré. Voyons maintenant quelles sont les obligations des nkimba.

Leur nourriture forme l'objet d'une réglementation spéciale. D'après M. Lejeune, ils ne pourraient manger que deux jours sur quatre : *nzua (nsona?)* et *konzo;* d'après M. Gilmont, ils doivent jeter leurs aliments à terre avant de les porter à la bouche; d'après Bastian, ils ne peuvent pas se servir d'assiettes, mais doivent manger par terre. Certains aliments leur sont absolument interdits : ce seraient, d'après M. Chavanne, l'huile de palme, les terre-noix, toute substance grasse, le vin de palme, l'alcool; d'après le R. P. De Cleene, la viande et les œufs. Selon M. Fuchs, ils doivent suivre un régime végétarien, et ne peuvent boire que de l'eau. Bastian dit que beaucoup de viandes et de poissons leur sont défendus.

Certaines interdictions se rapportent même à leur sommeil. M. Fuchs et, à sa suite, MM. Demeuse et Wauters, disent qu'ils ne peuvent dormir dans une case, et M. Gilmont qu'ils doivent dormir sur la terre nue.

Résumons ces interdictions en donnant, d'après le R. P. Goedleven, le règlement des nkimba de Kionzo : « 1° Pendant tout le temps de leur séjour au *uwala*, ils ne pourront manger, ni viande, ni poisson, ni chikwangue, sous peine d'être tués; 2° ils ne pourront user d'eau que pour se rincer la bouche. Ils peuvent prendre du malafu; 3° tous les jours, avant de pouvoir rien manger, ils doivent enduire leur corps de terre blanche; 4° ils ne pourront parler à aucune femme, ni la regarder, fût-ce leur mère, sous peine d'être tués; 5° ils ne pourront même pas parler entre eux de femmes ou de choses indécentes sous peine de mort; 6° en passant dans le village ou devant des personnes étrangères, ils doivent parler la langue du nkimba; sans cela la mort! »

Il serait intéressant de pouvoir comparer point par point le règlement des ndembo à celui des nkimba. Nous ne pouvons le faire, faute de renseignements suffisants. Tout ce que nous savons des ndembo, c'est qu'ils sont eux aussi sévèrement isolés du reste du monde : personne ne peut les voir. Quand ils vont au bain ou chercher du bois, on bat le tambour pour avertir les profanes; ceux-ci, surpris à l'intérieur du bois sacré, seraient condamnés à mort. D'après le Rev. Comber, quand le ndembo est vu par quelque non-initié, il doit tout de suite faire le mort.

L'interdiction des rapports sexuels semble ne pas exister au ndembo où hommes et femmes, d'après le Rev. Bentley, vivent en promiscuité. Ceci distingue le ndembo du *kimpasi* du R. P. Veys : les adeptes du *kimpasi* ont défense de voir des femmes ou des filles; défense est faite à celles-ci, sous peine de mort, d'entrer dans le bois. Ils ne peuvent manger que du chikwangue assaisonné de sel. Parmi les fonctions du *nganga*, directeur du *kimpasi*, signalons qu'il doit mâcher la première bouchée et la leur porter à la bouche; de plus, matin et soir, il doit les frapper à la cuisse au moyen d'une baguette.

XI. — *Cérémonies de sortie*

D'après Bastian, les festivités de la clôture coïncideraient avec la fin d'une saison; nous n'avons pas d'autres renseignements sur l'époque de la clôture.

Pour la description de ces cérémonies, nous donnons la parole au R. P. Goedleven, « Dès le grand matin de ce jour on met le feu à l'école du nkimba, c'est-à-dire au *uwala* et à d'immenses bûchers d'herbes sèches y juxtaposées. C'est le signal de la fête. Aussitôt les *zinkimba* courent à l'eau, se lavent soigneusement jusqu'à

ce que leur peau reprenne sa couleur noire-bronze habituelle. Ils mettent des anneaux brillants aux jambes et aux bras; ils s'entourent les reins d'un beau nouveau pagne... Puis les fils de chef, on les hisse dans des hamacs; les autres sur le dos des anciens nkimba; et les voilà conduits en triomphe et avec grand vacarme vers le village.

» Au village, c'est une expectative fébrile. Toute la contrée est là; tous en habits de fête. — Les femmes, assises par terre, se cachent la face dans leur pagne, ou derrière une feuille, car elles ont encore peur de rencontrer la vue d'un habitant du *uwala*. Les *néo-zinkimba* font semblant de revenir d'un autre monde, et en sont pour ainsi dire persuadés. Ils ne veulent d'abord reconnaître que les anciens *zinkimba*. Ils semblent ignorer leur propre mère. Ils font semblant de ne pouvoir marcher, de ne pas connaître les manières de cette vie. Ils mangent par terre, font des grimaces, mordent, etc. Et tous d'en avoir pitié, de les excuser, puisqu'ils viennent d'un autre monde. Enfin, on se reconnaît : on présente le fils à sa mère, le frère à sa sœur, le fiancé à sa fiancée. La joie devient frénétique, et la fête continue de plus belle. Le vin de palme est servi en abondance. Partout des feux de joie, et autour des feux des groupes heureux. Ce ne sont plus qu'agapes, où l'on sert des poules, des chèvres, des moutons, des porcs! Et puis ce sont les danses, les chants et les tam-tam! Et tout cela dure au moins deux jours, parfois plus longtemps encore.

» Après quoi, chacun regagne son village, emportant qui son fils, qui son frère, devenus nkimba! Ceux-ci se font toujours porter et restent ainsi comme paralysés pendant plusieurs mois encore réparant les forces perdues au *uwala*. »

L'incendie des huttes et le bain dans la rivière sont signalés aussi par le R. P. De Cleene. Mais l'arri-

vée au village est décrite autrement : le premier acte du nkimba serait de gober un œuf; le second, de toucher la main d'une jeune fille, afin de signifier qu'ils sont désormais aptes à fonder un ménage. Il n'est pas question de scènes de reconnaissance.

M. Lejeune signale ces scènes et relate un trait assez curieux : s'il arrive que quelqu'un appelle le nkimba par son ancien nom, il doit lui payer aussitôt dix pièces de mouchoirs. S'il refuse de s'exécuter, l'adepte doit se sauver dans la brousse et grimper au sommet d'un palmier en attendant que l'amende soit payée (1).

La comédie du nkimba qui refuse de reconnaître les siens cadre mieux, semble-t-il, avec les cérémonies du ndembo qu'avec celles de nkimba. On peut y voir une conséquence du changement de nom; mais on songe malgré soi au simulacre de la mort qui se trouve à l'entrée du ndembo. « Il était mort et il renaît à la vie » : tel semble être le thème sur lequel sont brodées toutes ces mimiques, toutes ces comédies, y compris la défense d'appeler le nkimba par son ancien nom.

Le *kimpasi* dont parle le R. P. Veys est la représentation d'une mort et d'une résurrection. Chose remarquable! Les cérémonies de clôture sont les mêmes que celles du nkimba décrites par le R. P. Goedleven. Dans l'un comme dans l'autre, nous trouvons l'incendie des chimbecks, le bain suivi d'une friction à l'huile mêlée de *kula*, l'entrée triomphale au village, avec des supercheries et des simulacres, les chants, les danses, les festins qui mettent fin aux scènes de la reconnaissance.

C'est du ndembo qu'on peut étudier le mieux la dramatisation de la résurrection. L'adepte est mort depuis quelque temps; le médecin prépare sa résurrection. A cet effet, les parents et amis doivent lui payer une certaine somme et envoyer de beaux costumes au ndembo.

(1) Ce fait est interprété par Frobenius comme une manifestation du culte des arbres.

Le bruit se répand qu'un jour de marché prochain il y aura résurrection. Les ndembo sont conduits processionnellement au marché, font deux ou trois fois le tour de l'assemblée. Tous portent au bras un ornement en fibres de palmier. Ils prétendent ne reconnaître personne; mettent la main sur tout ce qui peut les tenter; ne savent pas comment ils doivent manger; leurs amis doivent mâcher leurs aliments pour eux. L'intelligence leur revient insensiblement, au jour le jour. Quand quelqu'un leur pose une question indiscrète au sujet de leur séjour dans le bois, ils se mettent de l'herbe derrière l'oreille et simulent l'inconscience.

Le Rev. Comber vit les *nkita* faire trois fois le tour du marché, sous la conduite des féticheurs, lentement pour montrer qu'ils avaient été bien morts. Après cette cérémonie ils rentrèrent au bois et ce n'est que trois jours plus tard qu'ils firent leur apparition au village.

XII. — *Après les épreuves*

A la personne de celui qui a subi les épreuves du nkimba s'attache un caractère sacré et mystérieux. Il peut se présenter partout. On respecte en lui la qualité de *nkimba*, de *mbuamvu anjata*, ou de *tungwa*. A ces termes, qui servent d'après Bentley à désigner les initiés, s'opposent ceux de *mungwata* ou de *mungwalla*.

On peut reconnaître un initié d'un non-initié à son nom, à la langue secrète qu'il parle en diverses circonstances. De plus, dit le Rev. Bentley, dans le commerce, dans les voyages, dans toutes les difficultés de la vie, ils se conduisent en confrères et s'entr'aident. Il ne semble pas qu'ils tiennent des réunions, à moins qu'on ne veuille considérer comme telles les retraites des nkimba-féticheurs dont parle M. Slosse.

Les anciens nkimba jouissent-ils de certains privilèges dans la vie politique? Rien ne nous autorise à le penser. Toutefois, au sortir du nkimba, ils sont aptes à se mêler à la vie publique. M. Van de Velde dit qu'on se sert de la langue des nkimba pour traiter les affaires de l'Etat; ce qui permettrait de déduire qu'il faut être nkimba pour pouvoir prendre part aux discussions.

Au point de vue social, celui qui a traversé les épreuves est apte à constituer un nouveau foyer; il peut prendre femme. D'après M. Lejeune, ce serait le *nganga* qui se charge de lui trouver une femme.

Au point de vue religieux, l'importance des épreuves du nkimba est plus grande. Ce serait, d'après MM. Fuchs, Demeuse et Gilmont une école de féticheurs, et tous ceux qui en sortent seraient par le fait même féticheurs. C'est aller peut-être un peu loin. Car, au témoignage de Coquilhat, beaucoup de *nganga* ont passé par le nkimba; d'où l'on peut déduire que tous n'ont pas nécessairement subi ces épreuves (1). Ensuite, il semble bien que tous ceux qui entrent au nkimba n'en sortent pas en même temps ni initiés au même degré. Il se fait un triage et ce ne sont que les plus intelligents qui peuvent continuer leurs études. Le nkimba ne serait donc pas la véritable école de féticheurs; ce ne serait qu'une école préparatoire ou mieux encore, si l'on veut, un noviciat.

Ceux des nkimba qui n'ont pas été admis à entrer dans la carrière sacerdotale, forment-ils entre eux une sorte de secte? Il semble bien que oui. Tous possèdent, en tous cas, un fétiche qu'ils portent sur eux lorsqu'ils se rendent dans une tribu voisine où ils s'attendent à

(1) Voici, d'après M. Dupont, les fonctions redoutables des *nganga* qui ont passé par le nkimba : ils diront si une expédition doit réussir ou non, si une plantation doit rapporter ou non; ils jetteront des sorts, feront boire la *nkasa*, seront choisis comme arbitres, dirigeront les funérailles des chefs, etc. Si telles sont les fonctions des *nganga* ex-nkimba, ne pourrait-on pas en déduire que tous les *nganga* n'ont pas subi ces épreuves?

rencontrer des confrères. C'est donc une sorte de signe de ralliement ou de reconnaissance. Ce fétiche craint le feu et dans les cas où il viendrait à être atteint par les flammes, son possesseur serait certain de mourir sur-le-champ. Aussi en a-t-on le plus grand soin. Témoin ce passage de M. Lejeune :

« J'ai ici comme cuisinier, Tjama-Majau, un natif de Vivi, qui est affilié à la secte des nkimba. Je demandai à mon boy si cet homme avait son fétiche sur lui à la station. — Non, me répondit-il, il l'a laissé à Vivi, chez sa femme; il l'a attaché dans sa hutte à la traverse supérieure du toit.

»—Mais, lui dis-je, supposons que dans un mois quand nous rentrerons à Vivi, Tjama-Majau découvre que sa femme n'a pas fait bonne garde et que le fétiche est brûlé. Que ferait ton ami? Tuerait-il sa femme?

»—Mais non, cela lui serait impossible. Il serait mort avant cela, ici à Isangila, aussitôt que son fétiche aurait été brûlé là-bas...

» Le fétiche des nkimba s'appelle *masamputila;* il est formé de quelques longues feuilles de palmier réunies en faisceau. A l'intérieur, le *nganga* dispose les ingrédients qui constituent la vertu du fétiche : *pemba* ou argile blanche, petites graines, cailloux, etc. Les feuilles sont réunies de façon à offrir à l'une des extrémités une sorte de balai et à se terminer d'autre part par deux tiges seulement, lesquelles forment collier et s'enroulent autour du cou. Ainsi disposé, ce fétiche a la propriété magique d'éloigner les léopards, les chacals, les hyènes, etc., ou plutôt de mettre celui qui les porte en garde contre tous les obstacles qui pourraient s'opposer à sa marche.

» Exemple : j'ordonne à un nkimba de notre station de se rendre à Vivi. Avant de partir il ira se poster devant la route et là, tenant son *masamputila* des deux mains, il le secouera devant lui. Si, après un certain

temps, les bouts de feuilles formant balai se sont repliés du côté d'Isangila, notre homme retournera au plus vite à l'endroit d'où il vient et se gardera bien d'aller plus loin, car il a la conviction qu'un léopard rôde dans les environs et s'apprête à le dévorer. Si, au contraire, les pointes des feuilles ont conservé leur position normale, il peut sans crainte boucler ses malles et prendre son long bâton de marche : il ne rencontrera aucun obstacle sur sa route.

» Les nkimba possèdent encore un autre fétiche, le *kenvengele*. C'est un morceau de bois de la grosseur du poignet, et long de vingt centimètres. Le sorcier en a creusé l'un des bouts et y a disposé des plumes, de la poudre, des peaux de serpents, etc., qui constituent le *nkisi* ou vertu magique de l'objet. La propriété de ce talisman? Elle est curieuse et mérite d'être contée : Supposons que le nkimba soit endormi la nuit, dans sa case, et qu'un méchant, un esprit malin, un *ndoki* vienne pour le tuer ou le voler. Immédiatement le fétiche se dirige vers l'intrus, le met dans l'impossibilité d'avancer et paralyse tous ses mouvements. Le lendemain notre nkimba trouve, à son réveil, le *ndoki* sur le sol, incapable de bouger et gardé à vue par l'instrument merveilleux. »

Nous avons vu que les épreuves du nkimba ne sont pas sans importance aux points de vue politique, social et religieux. Il ne semble pas qu'il en soit de même du ndembo. Ni les Rev. Bentley et Comber, ni le R. P. Veys ne signalent des avantages obtenus par l'initiation au ndembo.

Ceux qui ont passé par les épreuves s'appellent *nganga;* ceux qui n'y ont pas été initiés, *vanga*. Les *nganga* jurent par les fétiches du ndembo.

Voici une série de ces serments que le Rev. Bentley énumère : *Jindanla :* Que nkita me damne! *Enkita :* Par nkita ! *E mbumba jintumbula :* Que mbumba me

punisse! *O lubuka :* Par lubuka! *O mbandu aka :* Par mbandu! *O mbandu unkomona :* Que mbandu me fasse périr! *E mvemba je nlaza :* Par mvemba et nlaza! *E vela kina :* Par l'enclos du ndembo! *E vela kimbandula :* Que le vela me détruise! *Endundu je mbaka :* Par les albinos et les nains! *Mbanduka :* Que je sois défiguré!

CONCLUSION

Nous avons groupé sous quelques rubriques les renseignements que nous possédons sur les rites de la puberté au Bas-Congo. Nous voudrions maintenant dégager de cet exposé quelques idées générales qui seraient comme la synthèse des phénomènes étudiés.

Qu'est-ce que le nkimba? — Est-ce, comme le voudrait M. Glave, un reste de l'enseignement des missionnaires portugais qui suivirent la découverte de Diégo Cam et s'établirent à San Salvador, ou, comme le prétend le Dr Chavanne, une survivance d'une ancienne société secrète des courtisans du roi de Sonho? Cette école historique, comme nous l'appellerons, à laquelle on pourrait peut-être rattacher le R. P. Goedleven, cherche dans tous les détails des ressemblances avec le culte catholique. La peinture blanche rappellerait les habits sacerdotaux; la langue secrète, le latin d'église; le changement de nom, le baptême ou encore l'entrée dans un ordre monastique, etc. Nous estimons qu'elle fait fausse route.

A cette école s'opposent des théories qui cherchent à comprendre et à expliquer le sens des cérémonies telles qu'elles sont, abstraction faite de leur genèse.

Les uns font de l'instruction et de l'éducation le but suprême des cérémonies du nkimba qui serait une école de féticheurs : on y va pour s'instruire. Les représentants

principaux de cette idée sont : Coquilhat, Fuchs, Van den Plas, Demeuse, Dupont, Gilmont, Slosse, Lemaître et, dans une certaine mesure, le Père De Cleene. On remarquera que tous ceux qui se sont occupés du Majombe y figurent. N'est-il pas permis d'en conclure qu'au Majombe le nkimba se présente sous les apparences d'un organisme d'instruction ?

Les autres considèrent le nkimba comme la préparation au mariage. C'est l'opinion de Büttner, Johnston, Van de Velde. Les jeunes gens deviennent nkimba pour être circoncis. Si l'on veut une circoncision efficace, elle doit se faire d'après un rituel déterminé par le féticheur. Celui qui n'a pas été circoncis conformément à ce cérémonial, trouverait difficilement une femme à marier. Il serait nécessaire de connaître la situation faite aux enfants qui seraient nés du mariage d'un non-circoncis, pour apprécier l'importance de la circoncision au point de vue du mariage. Il n'est pas impossible que le tabou sexuel et la séparation des sexes soient, au même titre que la circoncision, un but de la retraite des nkimba. M. Armani l'atteste pour la région du Kwango. Cette séparation des sexes serait le fruit d'une longue expérience. Quelque sauvages qu'on les dise, nous pensons que les nègres ont pu s'apercevoir que pour conserver la race vigoureuse, il importe de préserver les jeunes gens pubères contre l'abus des rapports sexuels.

La théorie qui fait de la circoncision le but principal du nkimba a rencontré dans le Rev. Bentley un adversaire redoutable. Celui-ci voit dans le nkimba plutôt une société secrète créée par amour du mystère et par un besoin de solidarité plus grande. Ces idées sont partagées par M. Ward et, en bonne partie, par M. Lejeune. Plus tard, dans son livre : *Pioneering on the Congo,* Bentley en arriva à considérer les nkimba comme une sorte de police,

chargée d'écarter les mauvais esprits. Cette interprétation avait déjà été esquissée par Nipperdey. Les nkimba seraient des jeunes gens engagés pour faire du tapage nocturne et écarter les mauvais esprits qui rôdent autour des villages.

Telles sont les principales hypothèses qui ont été émises sur la nature du nkimba. Notre but en abordant cette étude était de trouver une définition de cette institution dans son état actuel sans négliger sa genèse et, par conséquent, la place qu'elle occupe dans l'ensemble des phénomènes sociaux. Cet idéal, nous ne pouvons pas l'atteindre aujourd'hui; les documents dont nous disposons sont insuffisants. Il est temps encore de combler les lacunes que nous avons signalées, et nous espérons que nous pourrons bientôt reprendre cette question avec plus de succès.

Provisoirement, nous nous en tenons à un sage éclectisme. Tel qu'il nous apparaît, le nkimba est à la fois un organisme d'instruction religieuse et de formation civique. Les jeunes gens y reçoivent une préparation à la vie réelle, au sens le plus large du mot, c'est-à-dire à la vie familiale, à la vie religieuse, à la vie politique, etc. Il y a là un ensemble de cérémonies instituées, semble-t-il, d'une façon normale et régulière, à l'intention des jeunes gens pubères.

C'est la distinction essentielle que nous avons trouvée entre le nkimba et le ndembo. Pour étudier d'une manière plus approfondie cette distinction, il faudrait des renseignements complémentaires sur le ndembo. En particulier, il importerait de savoir si les deux institutions coexistent dans le même village, et si le féticheur, directeur des nkimba, peut être aussi le directeur des ndembo. Telles que nous les connaissons, les cérémonies du ndembo paraissent plutôt anormales, irrégulières. Elles répondent, dans une plus forte mesure que celles du nkimba, au concept que nous nous faisons de la magie.

BIBLIOGRAPHIE

—

Nous donnons ici la liste des différents ouvrages et articles de revues qui sont cités au cours de ce travail. Ces publications peuvent se répartir en quatre catégories.

La première comprend celles des missionnaires. Comme témoignages de missionnaires, Frobenius ne connaissait que le Rev. Bentley, de la Société Baptiste de Londres. A l'heure actuelle, le nombre des missionnaires qui ont porté leur attention sur les rites de la puberté est assez élevé. Nous attachons une grande importance aux renseignements qu'ils nous ont fournis. Passant une bonne partie de leur vie au milieu des indigènes, ils parlent généralement leur langue et jouissent de leur confiance.

La deuxième catégorie comprend les travaux des fonctionnaires coloniaux. Ceux-ci aussi séjournent généralement un certain nombre d'années au même poste et sont en état de parler en connaissance de cause des mœurs indigènes (1).

Quant aux explorateurs et aux voyageurs, ils ne font généralement que parcourir rapidement le pays. Leurs observations sont souvent faites dans des conditions peu favorables. Pour l'observation des manifestations les plus apparentes de la civilisation, comme les tatouages, l'habillement, les huttes, etc., l'ignorance de la langue du pays ne constitue pas un grand inconvénient. Mais il n'en est pas de même quand il s'agit des phénomènes juridiques et religieux. Les voyageurs en sont réduits souvent à recueillir des bruits et, quand ils interrogent eux-mêmes les indigènes, ils ont besoin d'interprètes, ce qui augmente beaucoup les chances d'erreur.

Enfin, dans une quatrième catégorie nous rangeons les auteurs de seconde main. Pour les apprécier, il faut connaître leurs sources.

(1) On peut regretter que ceux qui vont aux colonies ne reçoivent pas une préparation suffisante pour faire dans de bonnes conditions des observations ethnographiques. Souhaitons qu'il soit bientôt porté remède à cette situation.

I. MISSIONNAIRES

Bentley (W. H.). *Dictionary and grammar of the Congo language as spoken at San Salvador.* London, Trübner, 1887, pp. 506 et 507 (1). — Appendix, Ibid., 1895, p. 881.

— *Life on the Congo.* 3e éd., London, The religious Tract Society, 1893, pp. 65-69, 74.

— *Pioneering on the Congo.* London, The religious Tract Society, 1900, vol. II, pp. 282-287.

— Missionary Herald, London, 1896, pp. 11-17, 59-66 : Lettre datée de Wathen Station, p. 17.

Butaye (R.). Missions Belges de la Compagnie de Jésus, II (1900), pp. 264-267 : *Les mœurs indigènes*, p. 265 (2).

— *Dictionnaire français-kikongo et kikongo-français.* Gand, Lithographie W. De Wit, 1901, p. 83 (au mot *kimpasi*).

Callewaert (E.). Bulletin de la Société Royale Belge de Géographie, XXIX (1905), pp. 182-208 : *Les Mousseronghos,* pp. 197, 201, 206 (3).

(1) C'est un vétéran du Congo. Son premier départ eut lieu en 1879. Il fit des séjours prolongés à différents endroits du Bas-Congo et du Congo portugais septentrional. Il connaissait admirablement ces régions et nous lui devons des renseignements de première valeur.

(2) Missionnaire Jésuite. Il passa douze années (1895-1907) dans la région située entre l'Inkisi et la Nsele, région qu'il parcourut dans tous les sens. Il est l'auteur de livres en langue indigène et de nombreux articles qui témoignent de sa connaissance approfondie des mœurs congolaises. Nous avons eu le plaisir de causer avec le R. P. Butaye et de recueillir de sa bouche des renseignements très importants. Qu'il nous soit permis de lui en exprimer ici notre reconnaissance.

(3) Missionnaire de la Congrégation du Saint-Esprit. Son étude sur les Musorongo a été faite en Europe, d'après des notes et des souvenirs. Cela explique que, sur certains points, les indications sont assez vagues. C'est le cas notamment pour les cérémonies de la puberté. A l'occasion du passage de l'enfance à l'adolescence, il ne connaît aucune cérémonie. D'autre part, les cérémonies du *nkimba* existeraient à l'intérieur du pays; près du fleuve, elles sont tombées en désuétude. Puis, au sujet des candidats-sorciers, il est dit qu'ils doivent subir des initiations en partie secrètes, en partie publiques. Le P. Callewaert n'y attache d'ailleurs pas grande importance : elles n'ont d'autre but que de jeter de la poudre aux yeux du public. Rappelons ici ce que dit de ces recherches le P. G. Schmidt, directeur de Anthropos : « De là, il suivrait que les missionnaires ne doivent pas procéder contre ces institutions sur-le-champ avec rigueur; qu'ils attendent d'abord un certain temps et qu'ils tâchent de

Campana. Missions catholiques, XXVII (1895), pp. 29 et 30, 40-42, etc. : *La Mission catholique de Landana*, p. 100 (1).

Cleene (De). Missions en Chine et au Congo, XVI (1904), pp. 209-214 : *L'École secrète des Bakimbas* ; reproduit dans : Belgique Coloniale, X (1904), pp. 581*a*-582*b*, et Le Congo, I (1904), n° 49, p. 6; n° 51, pp. 5 et 6 (2).

Comber. Missionary Herald, London, 1891, pp. 472-476 : *Itinerating work in Wathen district*, p. 473 (3).

Goedleven (J.). Mouvement Antiesclavagiste, XV (1903) : *Le noviciat des féticheurs*, pp. 5-11 (4).

Lewis (Th.). Missionary Herald, London, 1903 : *The « nlongo » custom, Kokolo zombo Country*, p. 310 (5).

Merlon (A.). Revue du Monde catholique, 5e série, II (1892), pp. 296-316; 464-482; III (1892), pp. 95-108; 330-349, 486-504; IV (1892), pp. 139-157, 273-290 : *Les Noirs, mœurs,*

gagner la pleine confiance des indigènes pour obtenir la connaissance de ces importants secrets. Car, autrement, ils en seraient exclus à jamais, les indigènes ne les leur livreraient à aucun prix, ce qui formerait assurément un grand dommage pour la religion et pour la science. Pour la religion : car le missionnaire ne parviendrait pas ainsi à obtenir une connaissance de l'état religieux originaire des indigènes qui devrait pourtant former la base et le point de départ de tout son travail ultérieur. Pour la science : car de vrais trésors spirituels gardés par une tradition fidèle, peut-être depuis des centaines et des milliers d'années, lui échapperaient ainsi au dernier moment et cela irrévocablement. » Anthropos, I (1906), p. 937 note.

(1) Missionnaire de la Congrégation du Saint-Esprit, Préfet apostolique du Bas-Congo. La page citée n'intéresse qu'indirectement l'objet de nos études; elle décrit les signes distinctifs des prêtres-féticheurs.

(2) Missionnaire de Scheut, résidant depuis 1899 au Majombe qu'il connaît admirablement. Un jour, il apprit l'existence d'une école de *bakimba* au village de Nkele. Il s'y fit conduire, s'introduisit dans l'enclos qu'il visita avec le directeur qui était en même temps le chef du village. Cet exploit est raconté en détail dans l'article cité.

(3) Missionnaire baptiste anglais, fit d'importantes observations sur le *ndembo* aux environs de Wathen.

(4) Missionnaire Rédemptoriste. Les Rédemptoristes ne sont au Congo que depuis 1899. Le P. Goedleven fut des premiers. Il écrivit des pages intéressantes sur les mœurs et en particulier sur la religion des Bakongo. Sa description des rites du *nkimba* est, avec celle du P. De Cleene, la plus détaillée que nous possédions jusqu'à ce jour.

(5) Missionnaire baptiste anglais. Il ne parle des cérémonies d'initiation qui accompagnent la circoncision et qu'il appelle *nlongo*, que pour augmenter l'intérêt d'une photographie qu'il envoie en Europe.

législation, croyances superstitieuses des peuplades du Haut-Congo, II, pp. 314 et 315 (1).

Struyf. Missions Belges de la Compagnie de Jésus, VIII (1906), pp. 295-301 : *Langues et coutumes congolaises ; littérature religieuse congolaise*, p. 299 (2).

Veys. Mouvement Antiesclavagiste, XV (1903), pp. 33-39, 91-97, 181-186 : *Mœurs et coutumes congolaises*, pp. 92-94 (3); reproduit dans : Mouvement Géographique, XX (1903), pp. 110-112 et dans Le Congo, II (1905), pp. 110 et 111, 125 et 126, 135 et 136.

II. FONCTIONNAIRES COLONIAUX

Baerts. Bulletin de la Société Royale Belge de Géographie, XIV (1890), pp. 137-154 : *Organisation politique, civile et pénale de la tribu des Moussoronghos*, p. 144 (4).

(1) Père blanc. Il fut un des premiers missionnaires catholiques au Congo. Son séjour dans le pays ne fut pas de longue durée. Dans ce qu'il écrit il est très difficile de faire la part de ce qu'il a vu et de ce qu'il a ouï dire. Il est l'auteur d'un livre curieux : *Le Congo producteur*. Dans l'esprit de son auteur, ce livre ne formait qu'un volume d'un ouvrage plus étendu qui aurait eu comme titre : *La Belgique africaine*. Pourquoi cet ouvrage n'a-t-il pas paru ? Nous ne le savons pas. Il n'est pas impossible que l'article que nous citons ici contienne à l'état informe les matériaux des deux volumes annoncés. Cela expliquerait certaines négligences. Les renseignements concernant les sociétés secrètes reproduisent littéralement ceux du lieutenant Van de Velde dont nous parlerons plus bas. Van de Velde a publié en 1886 et le P. Merlon en 1892. Le P. Merlon confirme les renseignements du lieutenant Van de Velde puisqu'il les fait siens, mais il a le tort de ne pas citer sa source.

(2) Missionnaire Jésuite, arrivé au Congo vers la fin de l'année 1903. Il résida à Kisantu.

(3) Missionnaire Rédemptoriste. Voici comment il apprécie lui-même les renseignements qu'il donne : « Ce petit travail pourrait peut-être paraître assez téméraire pour quelqu'un qui n'a que trois ans de Congo. Mais veuillez bien considérer que ce ne sont que des notes rapides, prises, il est vrai, à des sources authentiques, mais au milieu des travaux incessants du saint ministère. C'est un essai qui se complétera avec le temps et par un travail et une expérience plus compétente que la mienne. Au reste, rien d'étonnant si l'on n'est pas toujours d'accord en tous points, puisque les divergences viennent ou de l'indifférence des peuplades ou de la crainte que le noir a, comme naturellement, de donner au blanc certains détails particuliers sur sa vie de famille (pp. 33-34). » Parti au mois de décembre 1899, le R. P. Veys mourut le 30 octobre 1903.

(4) Il ne parle que des rites d'initiation des jeunes filles pubères, et ne le fait qu'accidentellement en énumérant les différentes fonctions des ministres du culte.

Bas (De). Tijdschrift van het Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, IV (1887), pp. 162-175 : *Een Nederlandsch Reiziger aan den Congo,* p. 174 (1).

Coquilhat. *Sur le Haut-Congo.* Paris, Lebègue, 1888, p. 501 (2).

Costermans. Bulletin de la Société d'Études coloniales, II (1895), pp. 25-76 : *Le District du Stanley-Pool,* p. 69 (3).

Dannfelt. Mouvement Géographique, VII (1890), p. 19 *a-c* : *Les indigènes du Bas-Congo. Mœurs et coutumes* (4).

Fuchs (F.). Société nouvelle, II (1889), pp. 347-354 : *Mœurs congolaises. Épreuves de la casque. Adultère. Vols,* pp. 350 et 351 (5).

Gilmont (L^t). Congo Belge, II (1897), pp. 137 et 138, 149-151, 161-163, 186 et 187, 197-199 : *Le Mayombe,* p. 163*a* (6).

Glave. *Six years of adventure in Congoland.* London, Sampson Low, 1893, pp. 80-83 (7).

Plas (Van den). Bulletin de la Société de Géographie d'Anvers, XXIII (1899), pp. 39-76 : *Le Mayombe,* p. 69 (8),

(1) Nous citons cet auteur parmi les fonctionnaires coloniaux, parce qu'il écrit d'après les notes de M. Greshoff qui fut employé dans une compagnie hollandaise du Bas-Congo. Les renseignements sur le ndembo semblent inspirés par les écrits de Bentley.

(2) Nous n'avons pas à nous occuper ici des renseignements que donne Coquilhat au sujet de la pratique du ndembo chez les Bateke. Ces renseignements, comme l'a déjà fait remarquer Frobenius (*op. cit.*, 54), sont traduits de Bentley. Ajoutons que les connaissances de Coquilhat sur le Bas-Congo sont moins sûres et moins complètes que celles qu'il possédait sur la région des Bangala.

(3) Avec Costermans nous atteignons la limite orientale du Bas-Congo. Ses renseignements sur les rites de la puberté sont peu nombreux. Il se borne à dire qu'à l'âge de la puberté les hommes changent souvent de nom.

(4) Le commandant Dannfelt, qui a séjourné douze ans au Bas-Congo, aurait connu la clef de la langue secrète des *bakimba*. C'est du moins ce qu'écrivit en 1897 le lieutenant Gilmont (Congo Belge, II (1897), p. 163*a*).

(5) Ses observations se rapportent aux environs de Boma; peut-être aussi au Majombe.

(6) Nous devons au lieutenant Gilmont des renseignements très importants sur l'ethnographie du Majombe, où il résida.

(7) M. Glave fit deux séjours au Congo : le premier de 1883 à 1886, comme commandant du poste de Lukolela; le second de 1886 à 1889, comme explorateur. Il connaît surtout les environs de Lukolela et de Bolobo.

(8) M. Van den Plas étudia assez en détail la région du Majombe. Ses renseignements sur l'éducation des élèves féticheurs sont peu complets.

et Mouvement Antiesclavagiste, XIV (1902), pp. 247-258, 284-290, 317-323, 353-359.

Velde (Van de). Bulletin de la Société Royale Belge de Géographie, X (1886), pp. 347-412 : *La région du Bas-Congo et du Kwilou-Niadi,* pp. 398-399 (1).

Ward. *Five years with the Congo cannibals.* London, Chatto and Windus, 1891, p. 54 (2).

— Journal of the Anthropological Institute, XXIV (1895), pp. 285-299 : *Ethnographical notes relating to the Congo tribes,* p. 288.

III. VOYAGEURS

Armani (L.). *Diciotto mesi al Congo.* Milano, Fratelli Treves, 1907, p. 167 (3).

Bastian (A.). *Ein Besuch in San Salvador, der Hauptstadt des Königreichs Congo.* Bremen, Strack, 1859 (4).

— *Die Deutsche Expedition an der Loangoküste,* 2 vol. 1875.

Baumann (O.). Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft, Wien, XVII (1887), pp. 160-180 : *Beiträge zur Ethnographie des Kongo*, pp. 164*b*-165*a* (5).

Büttner (D^r^). Mitteilungen der Afrikanischen Gesellschaft in Deutschland, V, fasc. 3 (1889), pp. 168-271 : *Einige*

(1) Le lieutenant Liévin Van de Velde a rendu de grands services à la cause coloniale et à la science en même temps. C'est surtout au cours de l'expédition chargée d'explorer le bassin du Kwilu-Niadi et commandée par Grant Elliott (1883) qu'il recueillit les matériaux pour l'article que nous citons ici.

(2) Il existe des différences assez grandes entre les nkimba dont il parle dans son livre et ceux dont il parle dans son article. Schurtz a utilisé les renseignements contenus dans cet article.

(3) Chargé d'une mission au Congo, il fit un voyage de quinze mois dans ces régions. Il parle des rites de la puberté au Kwango. Il donne très peu de détails. Pour lui le but de ces pratiques est de séparer les jeunes gens des jeunes filles, jusqu'à ce qu'ils soient mûrs pour le mariage.

(4) Visita San Salvador en 1857 et fit partie en 1873-1875 de l'expédition allemande qui explora la côte de Loango sous les ordres de Güssfeldt.

(5) Fit partie, avec O. Lenz, de l'expédition autrichienne de 1885 au Bas-Congo. Nous n'insistons pas sur ces explorateurs qui furent déjà utilisés par Frobenius. Dans les correspondances de Lenz (Peterm. Mitt., XXXII (1886); Mitt. Geogr. Ges. Wien, XXIX (1886); Gazette géogr. et Exploration, II (1886), nous n'avons rien trouvé qui intéresse spécialement les sociétés secrètes.

Ergebnisse meiner Reise in West-Afrika in den Jahren 1884-1886, insbesondere des Landmarsches von San Salvador über den Quango nach dem Stanley-Pool, pp. 188-190 (1).

Chavanne (**D**r). *Reisen und Forschungen im alten und neuen Kongostaate.* Iena, H. Costenoble, 1887, pp. 302, 400, 412 (2).

Cocheteux. Bulletin de la Société d'Anthropologie de Bruxelles, VIII (1889) : *Contribution à l'étude de l'anthropologie du Congo*, p. 92 (3).

Demeuse (**F**.). *Catalogue de l'Exposition de photographies représentant des vues et types du Congo*, ouverte au Cercle artistique et littéraire. Bruxelles, Bourlard, 1890, et Bulletin de la Société d'Anthropologie de Bruxelles, IX (1890), pp. 62-77 : *Projections de vues photographiques du Congo*, p. 66 (4).

Dupont (**Ed**.). *Lettres sur le Congo. Récit d'un voyage scientifique entre l'embouchure du fleuve et le confluent du Kassai.* Paris, Rheinwald, 1889, pp. 96-98 (5).

Johnston (**H. H**.). *The river Congo from its mouth to Bolobo.* London, Sampson Low, 1884, pp. 69, 406-408.

— Proceedings of the R. Geographical Society, London, V

(1) Considère l'institution du nkimba comme intimement liée à la circoncision. Ce serait pour ce motif que tous les jeunes gens doivent en faire partie pendant un certain temps.

(2) Au cours d'un voyage de deux ans dans le Bas-Congo, il rassembla une foule de renseignements qui sont consignés dans son livre (Cf. Mitt. Anthr. Ges. Wien, XVII (1887), pp. 121 et 122, un compte rendu de ce livre par O. Baumann). On l'a accusé de plagiat. Le Dr Zimmermann publia dans les Preussische Jahrbücher une longue liste de passages empruntés par Chavanne à Pechuël-Loesche, sans citation de source. Cf. Petermanns Mitteilungen, XXXIV (1888), Litt. ber. n° 11.

(3) Il ne parle pas des rites de la puberté proprement dits, mais il signale que la puissance des féticheurs s'apprend et se transmet d'habitude de père en fils. Nous y voyons une vague allusion à l'institution du nkimba.

(4) M. Demeuse a fait trois voyages au Congo. Signalons particulièrement l'exploration qu'il fit en 1888 sur le steamer le *Roi des Belges*, et dont il remporta une belle collection de photographies. Pour les commenter, il ne s'en tient pas toujours à ses observations personnelles. C'est ainsi que tout ce qu'il écrit au sujet des nkimba est tiré presque littéralement de Fuchs. L'inconvénient ne serait pas sérieux, si le voyageur avait soin de citer sa source.

(5) En 1887, il remonta le Congo jusqu'à l'embouchure du Kassai. Il dut un grand nombre de renseignements à M. Ulff, qu'il cite (p. 98).

(1883), pp. 569-581 : *A visit to Mr Stanley's Station on the river Congo*, p. 572.

— JOURNAL OF THE ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE, XIII (1884), pp. 461-479 : *On the races of the Congo and the Portuguese colonies in Western Africa*, pp. 472 et 473 (1).

Kingsley (M.). *West African Studies*. 2de éd. London, Macmillan, 1901, pp. 412, 448 et 449 (2).

Lejeune (Ch.). CONGO ILLUSTRÉ, III (1894), pp. 59-61 : *Les Inkimbas* (3).

Lemaitre (H.). BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE DE ROCHEFORT, XVI (1894), pp. 89-123 : *Dans le Bas-Congo*, pp. 115, 120 et 121 (4).

Morgan (E. Delmar). PROCEEDINGS OF THE R. GEOGRAPHICAL SOCIETY, LONDON, VI (1884), pp. 183-196 : *Notes on the lower Congo, from its mouth to Stanley-Pool*, p. 193 (5).

Nipperdey (H.). AUSLAND, LIX (1886), pp. 712-714 : *Fetische und Fetischglaube im Westen Afrika's*, p. 713 (6).

Pechuël-Loesche. *Volkskunde von Loango*. Stuttgart, Strecker et Schröder. 1907, pp. 95-97 (7).

(1) Il partit de Loanda en octobre 1882 et remonta le Congo jusqu'à Bolobo. Il ne mit pas tout le soin voulu à observer les mœurs et les coutumes des indigènes. Nous avons signalé quelques-unes de ses négligences.

(2) Nous ne citons ce livre qu'à cause du succès qu'il a recueilli. Les renseignements sur les sociétés secrètes sont trop généraux et se rapportent plutôt au Congo français. Ils ne figurent pas dans la première édition.

(3) Les renseignements qu'il donne sur les nkimba ont été obtenus à grand'peine de son boy « Mpanzu ». Son cuisinier Tjama-Majau, natif de Vivi, était affilié à la société.

(4) Il fit un voyage de plus de deux ans (1890-1892) au Bas-Congo pour la maison Daumas et Cie et visita successivement tous les comptoirs que possédait cette maison.

(5) Il accompagna le général sir Fr. Goldsmith envoyé en mission au Congo par l'Association internationale africaine, et débarqua à Banana, en septembre 1883.

(6) Au cours de son voyage, il vit un nkimba entre Isangila et Manjanga.

(7) Notre étude était à l'impression lorsque nous avons pris connaissance de ce livre. A notre très vif regret, nous n'avons donc pas pu en tenir compte au cours du travail. La *Volkskunde von Loango* forme le second volume de la 3e série des publications de l'expédition allemande du Loango (1873-1876). Le premier volume *Landeskunde* avait paru en 1882. Nous n'avons rien perdu à attendre. Le savant professeur s'est occupé à contrôler, à vérifier et à compléter ses renseignements par un second voyage et par des notes de MM. Niemann,

Slosse (**E.**). Congo Illustré, III (1894), pp. 26 et 27, 35-37, 42 et 43, 54-56, 60-63, 71 et 72, 76-78 : *Le chemin de fer du Congo. En avant avec la brigade d'études*, p. 62 (1).

Vereycken. Congo Illustré, IV (1895), pp. 130 et 131, 137-139, 145-148 : *La Région des cataractes*, p. 147 (2).

IV. AUTEURS DE SECONDE MAIN

Ankermann (**Dr B.**). Anthropos, I (1906), pp. 914-949 : *L'Ethnographie actuelle de l'Afrique méridionale*, 2de partie, p. 936, trad. de Archiv für Anthropologie, Neue Folge, IV (1906), p. 241 (3).

Chapaux (**A.**). *Le Congo historique, diplomatique, physique, politique, économique, humanitaire et colonial.* Bruxelles, Rozez, 1894, p. 581 (4).

Frobenius (**L.**). Abhandlungen der K. L. C. Akademie der

Phillips et Ponstijn. Pour M. Pechuël-Loesche le nkimba serait une gilde de porteurs ou de commerçants dont l'origine remonterait à la grande époque des Pombeiros. Il aurait atteint son plein développement au Sud du Congo vers le premier tiers du siècle précédent. Insensiblement il aurait gagné des adeptes jusque vers la côte de Loango et aurait perdu sa signification première pour servir à des buts divers. Le principal signe de ralliement des affiliés serait une langue secrète d'un caractère tout artificiel. Nous avons pu constater qu'à l'heure actuelle le caractère commercial du nkimba est effacé. Nous n'en pouvons pas conclure à la fausseté de la thèse avancée par le professeur Pechuël-Loesche; mais nous attendrons les arguments historiques sur lesquels doit se baser cette thèse, avant de pouvoir nous y rallier.

(1) Il explique lui-même de quelle façon il a obtenu ses renseignements sur les sociétés secrètes : « Je citerais bien des cas de cette religieuse discrétion des initiés, mais je crois plus utile de raconter quelques généralités que je suis parvenu à me faire expliquer par des gens du pays qui étaient à mon service et qui se confiaient à moi pour me signaler des faits, tenus dans un profond secret par leurs coreligionnaires ».

(2) M. Vereycken ne parle pas des rites de la puberté. Nous le citons ici parce qu'il nous apprend que les sorciers ont un costume spécial : ils ne portent jamais que des tissus indigènes en fibres de palmier.

(3) Ankermann s'inspire surtout de Frobenius qu'il cite avec Karutz. Nous attirons aussi l'attention sur la note du P. Schmidt dont nous avons cité un passage à propos de l'étude du P. Callewaert.

(4) En fait d'ouvrages généraux sur le Congo, nous nous contentons de celui-ci. Les renseignements de Chapaux sont tirés en grande partie du lieutenant Van de Velde.

NATURFORSCHER ZU HALLE, LXXIV (1898), n° 1 : *Die Masken und Geheimbünde Afrikas*, pp. 43-54.

Grünewald. JAHRESBERICHTE DES VEREINS FÜR ERDKUNDE ZU METZ, XII (1889-90), pp. 53-58 : *Ueber die Rechtssitten*, p. 55 (1).

Haulleville (de) et Coart. ANNALES DU MUSÉE DU CONGO. Ethn. et Anthr., 3e série, I, fasc. 2 (1902-1906), pp. 199-206 : *Les sociétés secrètes* reproduit dans LE CONGO, IV (1907) pp. 162-168 (2).

Karutz. MITTEILUNGEN DER GEOGRAPHISCHEN GESELLSCHAFT ZU LÜBECK, 2e série (1901), fasc. 15 : *Die Afrikanischen Hörnermasken* (3).

Meinhof (C.). GLOBUS, LXVI (1894), pp. 117-119 : *Die Geheimsprachen Afrikas* (4).

Mondière (A. T.). REVUE D'ANTHROPOLOGIE, 3e série, VIII (1885), pp. 539-541. Compte rendu de l'article de H. H. Johnston : *On the races of the Congo and the Portuguese colonies in Western Africa*, p. 541 (5).

Reclus (Él.). *Nouvelle Géographie universelle*. Paris, Hachette. Vol. XIII (1888), p. 350 (6).

Schurtz (H.). *Altersklassen und Männerbünde*. Berlin, Reimer, 1902 (7).

Wauters (A. J.). CONGO ILLUSTRÉ, I (1892), p. 3 : *Les Inkimbas* (élèves féticheurs) (8).

(1) Johnston et Lenz figurent parmi ses principales sources.

(2) Description assez détaillée des rites du nkimba et du ndembo. Les renseignements sont empruntés surtout au R. P. Goedleven, au Rev. Bentley et à Coquilhat. En parcourant cette belle collection aux illustrations nombreuses et bien réussies, on regrette vivement de ne jamais rencontrer une référence bibliographique. Voir les groupes d'*inkimba* du Majombe et de la région des cataractes (LE CONGO, IV, 1907), pp. 163, 165, 166, 167.

(3) Il ne m'a pas été possible de consulter cette publication.

(4) Meinhof, pour la partie de son article qui nous intéresse ici, s'est inspiré du *Dictionary and Grammar* de Bentley.

(5) C'est une simple analyse des idées de Johnston.

(6) Parmi les ouvrages d'un intérêt géographique ou ethnographique général, c'est le seul que nous citions ici. Reclus s'est inspiré de Bastian.

(7) Comme nous l'avons indiqué plus haut, Schurtz s'en remet pour la documentation de l'Afrique occidentale à Frobenius. Voir la traduction dans le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ÉTUDES COLONIALES, t. X (1903), pp. 249 et 250.

(8) Cet article n'est pas signé. C'est à la suite de Frobenius que nous l'attribuons au distingué directeur du CONGO ILLUSTRÉ. La plupart des renseignements remontent à F. Fuchs, peut-être par l'intermédiaire de F. Demeuse. Certains renseignements semblent puisés à des sources inédites.

Zaborowsky. L'Anthropologie, VII (1896), pp. 653-675 : *La Circoncision, ses origines et sa répartition en Afrique et à Madagascar*, p. 662 (1).

Historical Series. Missions in Africa (The Congo). Boston (Mass.) American Baptist Missionary Union, 1905, pp. 14 et 15 (2).

(1) Les détails qu'il donne sur la circoncision chez les populations du Bas-Congo proviennent de Waitz et du Dr Pechuël-Loesche.

(2) Renseignements empruntés à Mrs Mary H. Kingsley et au Rev. H. Richards.

LE PRINCIPE D'INERTIE

I. — Le Mouvement

1. — L'opinion de M. Poincaré sur la rotation de la Terre

« Cette affirmation : la Terre tourne n'a pas de sens (1). » En énonçant cette proposition M. Poincaré a scandalisé de nombreux esprits, et il a dû se défendre de reprendre pour son compte la théorie des adversaires de Galilée.

Il admet que la Terre tourne ; et cette vérité, nous dit-il, il la met sur le même pied que celle du postulat d'Euclide, ou de l'existence des objets extérieurs. Il est vrai, le sens qu'il donne à ces deux affirmations n'est peut-être pas celui de tout le monde. Elles expliquent, nous dit-il, un nombre de faits incomparablement plus grand que les affirmations contraires. Il est donc plus *commode* d'admettre celles-là que celles-ci. L'hypothèse de la rotation de la Terre, elle aussi, explique de nombreux phénomènes *physiques* qui restent sans lien dans l'hypothèse contraire. La première est donc *physiquement* plus vraie que la seconde (2).

D'autre part, dit toujours l'éminent mathématicien, « il n'y a pas d'espace absolu ; ces deux propositions

(1) *La Science et l'Hypothèse*, chap. VII.
(2) *La Valeur de la Science*, chap. XI, p. 272.

contradictoires : la Terre tourne et la Terre ne tourne pas ne sont donc pas *cinématiquement* plus vraies l'une que l'autre. Affirmer l'une en niant l'autre *au sens cinématique*, ce serait admettre l'existence de l'espace absolu. »

Nous avons essayé d'exposer aussi fidèlement que possible la pensée de l'auteur, et nous pouvons la résumer dans cette proposition : *Cette affirmation : la Terre tourne et sa contradictoire sont également vraies cinématiquement; physiquement, la première est plus vraie que la seconde.*

M. Poincaré explique pourquoi il distingue entre la solution cinématique et la solution physique du problème. Il ne croit pas à l'existence d'un espace absolu et, par une conséquence rigoureuse, il nie celle d'un mouvement absolu. Il n'y a donc que des mouvements relatifs. Je considérerai donc arbitrairement le ciel se déplaçant par rapport à la Terre, ou la Terre se déplaçant par rapport au ciel, sans que l'un des deux points de vue soit plus vrai que l'autre, et selon que j'aurai choisi l'un ou l'autre, je dirai : le ciel tourne ou la Terre tourne. Telle est la solution *cinématique* à laquelle conduit le raisonnement *à priori*.

D'autre part, l'observation intervient et montre une série de phénomènes, l'aplatissement de la Terre par exemple, que le mouvement relatif ne saurait expliquer. L'hypothèse de la rotation de la Terre établit un lien naturel entre ces phénomènes. L'auteur en conclut qu'il est plus vrai, lisons : plus commode, de dire : la Terre tourne que de dire : le ciel tourne. Mais alors on parle au sens *physique*.

Cette solution ne semble pas avoir pleinement satisfait son auteur. Il appelle cette question « une question fort importante et même *quelque peu troublante* » (1).

(1) *La Science et l'Hypothèse*, chap. VII, p. 139.

Nous allons l'étudier, moins pour l'intérêt qu'elle présente par elle-même que pour les conséquences qu'on en peut déduire par rapport au principe d'inertie.

2. — *L'Espace absolu*

Y a-t-il un espace absolu ? Telle est la question fondamentale à résoudre, et nous n'hésitons pas à répondre par la négative.

C'est l'avis de nombreux savants parmi lesquels se place résolument M. Poincaré : « *Je ne puis en aucune façon adopter cette manière de voir* » (1), dit-il, en parlant de l'opinion de Newton.

C'est aussi l'opinion de Leibniz. Il admet l'idéalisme de l'espace et du temps contre Newton qui en faisait des réalités et des attributs de Dieu. Leibniz soutient que l'espace et le temps ne sont que *des ensembles de relations*. Si deux objets sont toujours différents, ce n'est pas parce qu'ils occupent des lieux différents (dans un espace absolu et vide), mais parce qu'*ils soutiennent* des relations différentes avec le reste du monde (2).

Il existe un espace absolu. Ou cette proposition n'a aucun sens, ou elle signifie que l'espace absolu est un *quelque chose* distinct du pur néant qui a sa réalité propre indépendante de toute autre, et que l'on peut concevoir subsistant par lui-même, alors qu'aucun corps n'existerait. Dès lors, nous le demandons, que manque-t-il à cette réalité, douée d'ailleurs de la propriété de la divisibilité, pour constituer ce que nous appelons un corps? Car enfin, du moment qu'elle existe, elle a sa nature propre, elle est ceci et pas cela. Elle a ses propriétés naturelles que je pourrai étudier. Je

(1) *La Science et l'Hypothèse*, chap. V, p. 99.

(2) L. Couturat, *Le Système de Leibniz d'après M. Cassirer*. Revue de Métaphysique et de Morale, 1903, p. 87.

pourrai, par exemple, me poser cette question : Quand un corps traverse l'espace absolu, y a-t-il au sein de celui-ci séparation de parties, pour faire place au mobile? Si l'on affirme qu'il en est ainsi, on devra attribuer à cet espace les propriétés de l'élasticité ou de la fluidité. Si on le nie, au contraire, il faudra lui attribuer la propriété de la compénétration, et on aura à étudier la nature de celle-ci. Bref, quelque nom que l'on donne à cet espace, en réalité ce sera le milieu corporel, analogue à l'éther de la science moderne, au sein duquel sont plongés tous les autres corps. On chercherait vainement un caractère nettement défini qui permît de distinguer la nature de corps et celle d'espace absolu.

Tout s'explique, au contraire, lorsqu'avec Leibniz on considère l'espace comme un ensemble de relations soutenues par les corps. Dans la pensée de ce philosophe, on ne doit pas dire : *le corps est dans l'espace*, mais bien : *l'espace est dans le corps*. Il est dans le corps comme le mode est dans la réalité subsistante, le relatif dans l'absolu.

Certains philosophes espèrent sauver la notion d'un espace absolu, en invoquant celle d'un espace imaginaire, ou encore celle d'un espace possible. Que veulent-ils dire? Entendent-ils par espace imaginaire, un espace qui n'aurait de réalité que dans l'esprit de celui qui le conçoit? Mais alors, quelle influence peut avoir sur la forme d'un corps ou sur sa déformation une réalité qui est en dehors de ce corps? Cela pourrait se concevoir peut-être dans certains systèmes philosophiques qui nient l'objectivité des corps; mais dans ce cas il faudrait du moins reconnaître que la théorie de l'espace absolu est essentiellement liée à ces systèmes.

Un espace possible ne se conçoit pas davantage, car un contenu réel ne saurait être enfermé dans un contenant possible.

3. — *Conséquence de l'impossibilité d'un espace absolu*

Avec M. Poincaré, nous rejetons donc l'idée d'un espace absolu et, toujours avec lui, nous en déduisons cette première conséquence qu'on ne peut concevoir un mouvement absolu. Un pareil mouvement exigerait en effet des points de repère, ayant une position absolue, ce qui supposerait l'espace absolu. Il n'y a donc que des mouvements relatifs.

Mais il faut encore admettre bien d'autres conséquences, en particulier celle-ci : *des corps isolés ne sauraient occuper de positions déterminées, les uns par rapport aux autres.*

La raison en est évidente. En l'absence d'un espace absolu, deux points ne pourraient avoir deux positions absolues déterminées. Ils ne sauraient donc avoir de distance déterminée. Celle-ci, en effet, s'obtient par la mesure prise entre deux points de positions déterminées. Deux corps isolés n'auraient donc entre eux aucune distance de mesure déterminée. D'où viendrait en effet cette détermination? De la nature intrinsèque des corps? Non évidemment. De leur position absolue? Ils n'en ont pas. Ainsi donc trois corps isolés, par exemple, ne formeront pas un triangle possédant des côtés et des angles de valeurs déterminées.

Est-ce à dire qu'on ne puisse concevoir la coexistence de plusieurs corps absolument isolés les uns des autres? On le peut, mais alors il faut les imaginer sans relations spatiales, les uns par rapport aux autres. Ils n'auraient entre eux ni relations de distance, ni relations d'orientation. Nulle énergie n'aurait prise pour les rapprocher et les mettre en contact. Chacun d'eux serait comme inexistant pour les autres. En l'absence de relations spatiales, nulles relations mécaniques ou

physiques ne seraient possibles entre ces corps, et par suite *l'action à distance apparaît comme un non-sens.*

Une nouvelle conséquence découle de celle que nous venons de développer. La masse, au sein de laquelle s'effectuent nos observations, forme nécessairement un continu. Ce continu pourra exclure toute cavité ou bien affecter la forme réticulaire. La présence de cavités n'est pas sans soulever quelques difficultés et il serait plus commode de les exclure. Mais ni le raisonnement *à priori* ni les données de l'expérience ne semblent nous en donner le droit. Tout ce que nous pouvons faire, c'est d'exposer nos hypothèses, en supposant un continu sans cavités. Il sera ensuite facile de les étendre au cas d'un continu à forme réticulaire.

Ainsi donc, pour nous, la masse de l'Univers forme un continu dont aucune portion n'est totalement isolée de l'ensemble.

Ici une question se pose. Le continu, du moins le continu réticulaire, peut-il se concilier avec l'hypothèse d'atomes insécables et de forme invariable? Par lui-même il n'y répugne pas. Mais, si l'on remarque que la masse dont nous parlons est composée d'éléments se déplaçant les uns par rapport aux autres, et que d'ailleurs ces déplacements devraient se produire sans qu'il y eût jamais complète cessation de contact, il paraît bien difficile d'admettre des atomes rigides et insécables. Pour nous, nous regardons comme l'hypothèse la plus vraisemblable, celle d'après laquelle la masse de l'Univers forme un continu au sens strict du mot, c'est-à-dire un continu excluant les atomes rigides et insécables. Il jouirait de la double propriété de la fluidité et de l'élasticité. Une particule de matière pourrait donc se séparer d'une autre particule quelconque, et de même, adhérer à une autre particule quelconque. Ainsi encore cette particule quelconque pourrait se condenser en elle-même, ou se dilater, sans qu'on imagine, dans son

sein, des éléments qui se rapprochent ou s'éloignent à travers le vide. Au sens strict du mot, une particule de matière changerait de forme et de volume.

Cette conception de la composition de la matière est, nous le savons, contraire à celle de Descartes et elle n'a peut-être pas encore aujourd'hui un très grand nombre de partisans. Elle en a pourtant. Du reste, remarquons-le bien, les savants qui la repoussent reconnaissent en général que l'expérience ne donne sur ce point aucune indication absolument concluante. Qu'on substitue à l'hypothèse d'atomes indivisibles, se déplaçant dans le vide, l'hypothèse de centres de condensation maximum évoluant au sein d'un milieu continu suffisamment raréfié, et rien ne sera sensiblement changé aux résultats de l'observation. On n'aurait aucune objection à nous opposer au nom de celle-ci.

Le chef de l'école atomique en France, M. Wurtz, reconnaît lui-même que l'hypothèse des atomes discontinus n'est pas indispensable et ne constitue pas une théorie parfaite.

D'après M. Schützenberger (1), « la notion des atomes et de la matière discontinue est une hypothèse et rien de plus... L'atome chimique ne constitue pas nécessairement une petite masse non divisible, invariable en poids, en forme et en volume ». Il dit plus loin : « A l'idée de petites masses isolées dans l'espace, on a opposé une hypothèse plus large et plus en harmonie avec les tendances philosophiques actuelles. *Une matière continue, homogène et parfaitement élastique remplirait l'univers*... L'élasticité parfaite de ce qui forme l'Univers est une conséquence directe du principe de la conservation de la force vive ».

Écoutons M. Bergsen (2) : « ... La science revient en

(1) *Traité de Chimie générale*, t. I, Introduction.
(2) *Perception et matière*. — Revue de Métaphysique et de Morale, 1896.

dépit des apparences... à l'idée de la continuité universelle. Science et conscience sont, au fond, d'accord... On n'expliquera donc jamais par des particules, quelles qu'elles soient, les propriétés simples de la matière... La Chimie étudie moins la matière que le corps; on conçoit donc qu'elle s'arrête à un atome doué encore des propriétés générales de la matière. Mais la matérialité de l'atome se dissout de plus en plus sous le regard du physicien ». Et plus loin : « toute philosophie de la nature finit par trouver la discontinuité incompatible avec les propriétés générales de la matière ».

D'après Faraday, chaque atome (point de croisement des lignes de force) occupe l'espace tout entier, et tous les atomes se pénètrent les uns les autres. Si nous remarquons qu'un ensemble d'atomes occupant chacun tout l'espace forme un continu que ne supporte aucune autre réalité, et représente par conséquent une réalité indépendante, douée d'ailleurs de la propriété de l'étendue; nous devons reconnaître que cet ensemble d'atomes constitue un milieu matériel réalisant les propriétés de celui que nous avons décrit. La théorie de Faraday est donc, au fond, la nôtre.

Citons encore M. Hannequint (1) : « L'atome physique n'est point imposé à la science par la réalité mais par notre méthode et par la nature même de notre connaissance... L'atome... n'est rien de réel. »

M. Duhem, lui aussi, croit à la continuité de la matière.

M. de Lapparent (2), il est vrai, estime que, plus la science marche et plus elle semble s'orienter définitivement vers le discontinu. Les électrons, les ions, les

(1) *Essai critique sur l'Hypothèse des atomes dans la science contemporaine*, par M. Hannequint. Le Couturat, REVUE DE MÉTAPHYSIQUE ET DE MORALE, 1896.

(2) *Science et Apologétique.*

corpuscules radiants plaident tous, à son avis, pour cette conception. Au premier abord, en effet, il pourrait sembler que ces nouvelles théories fournissent une présomption en faveur du discontinu. Mais, en y regardant de plus près, on s'assure qu'elles sont plutôt favobles à la thèse de la continuité. Que penser d'un atome réputé jusqu'ici rigide et insécable, qui se résout en électrons, eux-mêmes composés de charges électriques élémentaires constituant un champ de forces variable? Que penser de cette conception de deux atomes de nature distincte, l'atome matériel, et l'atome électrique (1), susceptibles de se transformer l'un dans l'autre, ayant chacun leur masse caractéristique relative à des énergies distinctes? Que penser enfin de cette notion d'une masse variant avec la vitesse (2)? Ces notions nouvelles ne nous paraissent guère favoriser la théorie de l'atomisme.

4. — *Rotation de la Terre*

Revenons à la question qui a été notre point de départ, et demandons-nous, s'il faut considérer le mouvement de la Terre comme un mouvement absolu ou relatif. D'une part, la négation d'un espace absolu nous conduit à conclure que ce mouvement est relatif. Et pourtant, regardons-y de plus près. Pour plus de simplicité, nous imaginerons le système de la Terre et du ciel réduit à celui de deux aiguilles A, B tournant l'une par rapport à l'autre autour d'un axe imaginaire passant par leurs milieux et perpendiculaire à leur plan. Nous allons essayer de discerner dans ce système en mouvement, ce qu'il y a d'objectif et par conséquent

(1) Voir M. T. Crémieu, *Le problème de la gravitation universelle*. REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, 15 janvier 1907.

(2) MM. Ed. et François Cosserat. COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, CXL, p. 932, 3 avril 1905.

d'indépendant de notre esprit, et ce qui, au contraire, dépend du point de vue arbitraire où il peut nous plaire d'envisager le phénomène.

Par le fait que les aiguilles ont un mouvement relatif l'une par rapport à l'autre, il y a *objectivement* déformation au moins géométrique du système : un angle a changé de valeur. J'ajoute qu'il y a *objectivement* déformation *physique*. La première déformation entraîne en effet la seconde; et, si de la matière dont était fait un cube je façonne une sphère, le cube et la sphère représenteront deux corps différents, non seulement géométriquement, mais encore physiquement. Des cohésions et des pressions, par exemple, propriétés essentiellement physiques, auront lieu entre des éléments différents, selon que l'on considère le cube ou la sphère. Pour en revenir à nos deux aiguilles, par le fait qu'elles forment un système, elles ont une position déterminée l'une par rapport à l'autre. D'après ce que nous avons dit, elles forment donc un continu ; et, alors même que la rotation ne déterminerait ni dilatation ni contraction, elle produirait au moins des changements de contact. Or, nul changement ne peut se produire dans un système, sans qu'un changement se produise au moins dans un de ses éléments. Donc, un changement s'étant produit ici dans le système des aiguilles A et B, A ou B, sinon A et B ont dû subir une modification. Sans doute, il est indifférent que ce soit A ou B, et dans les deux hypothèses l'explication sera la même, mais dans la réalité, ce sera A ou ce sera B, sans que le choix dépende de la détermination de mon esprit. Je peux bien, en effet, concevoir un cheval abstrait qui n'ait aucune couleur déterminée, et lui attribuer celle qu'il me plaira de lui donner, mais dès qu'il s'agit d'un cheval concret réellement existant, il sera blanc ou de toute autre couleur, mais il aura une couleur déterminée à l'exclusion de toutes les autres, et cela par le seul fait

de son existence. De même le système concret AB placé sous mes yeux, ayant subi une déformation objective, A ou B ou toutes les deux auront subi des modifications objectives, et, si c'est grâce à une modification de A que s'est produite la déformation du système, je ne pourrai l'attribuer à une modification de B sans concevoir une fausseté, alors même que celle-ci expliquerait aussi bien la déformation des systèmes.

Ces considérations *à priori* peuvent être confirmées par l'observation. Si nous imaginons le système AB en mouvement, les lois de la mécanique exigent le développement d'une force centrifuge, au sein de la masse de A, de celle de B, ou de toutes les deux. L'existence de cette force sera un fait de constatation sur lequel le point de vue arbitraire de notre esprit n'aura aucune prise. Nous constaterons, par exemple, que A développe une force centrifuge, tandis que B n'en développe pas. Mais, alors, s'il n'y avait qu'un phénomène relatif, mon esprit aurait le droit de considérer le mouvement du système AB comme provenant tout aussi bien d'une modification de B, A n'en subissant aucune. Quelle qu'en soit la nature, comment une force centrifuge naîtrait-elle du corps A supposé inerte et immobile? Evidemment, il y a un lien entre l'apparition de cette force et la modification que subit le corps au sein duquel elle se développe; et puisque cette force a une valeur objective, cette modification ne saurait avoir un caractère purement relatif.

Nous venons d'analyser la difficulté que M. Poincaré estime quelque peu troublante. En l'absence d'un espace absolu, on ne voit aucune particularité du système AB qui autorise à considérer comme plus vraies l'une que l'autre, ces deux propositions : A tourne par rapport à B, ou B tourne par rapport à A. Et pourtant, *à priori*, cette particularité doit exister, car rien d'indéterminé ne peut se rencontrer dans le domaine du

concret. Quiconque dit : pair ou impair à qui lui présente une main remplie de billes, dit : ou vrai ou faux. Il n'y a pas de milieu.

M. Poincaré nous dit bien qu'il est *physiquement* plus vrai de dire : la Terre tourne. Mais l'explication qu'il donne du mot *physiquement* ne nous satisfait pas complètement. C'est plus vrai, nous dit-il, parce que c'est plus *commode*. Que penser de celui qui, ne redoutant pas le compliqué, opterait pour le moins commode et dirait : la Terre est immobile? Nous le demandons, supprimerait-il à l'instant la force centrifuge de la Terre, et par un simple mouvement de sa pensée ébranlerait-il le ciel en y transportant cette même force? Ce nouveau Jupiter tient vraiment sur l'ancien le record de la puissance.

Qu'il nous soit permis de proposer une autre explication et de la formuler dans cette proposition : *Il n'existe pas de mouvement exclusivement local; tout déplacement de matière est essentiellement lié à une modification physique de celle-ci.*

Ce principe admis, la contradiction précédemment signalée disparaît. Considérés dans leur nature abstraite, les déplacements de la Terre et du ciel pris en tant que déplacements sont purement relatifs, et par suite, toujours dans l'ordre abstrait, c'est-à-dire au point de vue purement cinématique, je puis dire indifféremment l'un ou l'autre, et cela, précisément parce que je fais abstraction de ce par quoi, au concret, c'est l'un plutôt que l'autre des deux éléments, ciel et Terre, qui se trouve en mouvement. Mais dans l'ordre concret, ces déplacements sont accompagnés, disons-nous, de modifications physiques, compressions, dilatations ou autres, et alors, il suffira d'examiner lequel des deux corps affecte ces modifications, ou plutôt dans quelle mesure chacun d'eux en est affecté, pour pouvoir décider la part de mouvement qui revient à chacun.

5. — *On ne saurait concevoir de mouvement exclusivement local*

Nous allons démontrer la proposition que nous venons d'énoncer.

Remarquons d'abord que, de fait, on ne constate aucun mouvement qui ne soit accompagné de quelque altération dans les propriétés physiques des corps en mouvement. Mais il s'agit d'examiner si ces altérations sont essentielles, ou si toutes ne tiennent pas à de pures circonstances accidentelles, qu'on pourrait écarter, au moins par la pensée. Nous prétendons que la modification physique fait partie essentielle de la nature même du mouvement concret.

Nous venons d'opposer ces deux concepts : déplacement géométrique et modification physique. On nous demandera peut-être ce que nous entendons au juste par cette dernière expression. Elle n'a pas de sens, nous l'avouons, pour ceux qui expliquent, par des déplacements plus ou moins rapides, tous les phénomènes physiques et chimiques. Mais que penser de cette théorie? Ceux qui admettent les conclusions précédentes auront bien de la peine à la défendre. Leurs atomes, privés de la faculté de franchir à travers le vide une distance que d'autres supposent séparer deux portions de matière, seront donc astreints à longer, sans jamais s'en écarter, les rivages auxquels ils sont attachés; et cette laborieuse navigation de cabotage ne sera guère favorable aux évolutions que semble exiger la variété infinie des phénomènes physiques et chimiques.

Mais ce n'est pas tout. Le continu suppose la cohésion. S'il y a donc déformation au sein d'un continu, alors même qu'il n'y aurait ni contraction ni dilatation proprement dite, il y aurait du moins production et des-

truction de cohésion sur certains points du continu. Nous aurions donc bien de vraies modifications physiques qui ne sauraient se réduire à de purs déplacements géométriques. Le seul refuge qui semblerait rester aux partisans de la théorie atomique, serait d'imaginer que la déformation est produite par le glissement les uns contre les autres d'atomes *contigus* sans être *continus*. Mais alors, du mouvement de ces atomes en contact naîtraient des pressions, des résistances au mouvement, phénomènes distincts de purs déplacements géométriques et que nous pouvons considérer par conséquent comme des phénomènes physiques.

On le voit donc, de quelque manière qu'on explique les phénomènes auxquels le mouvement donne lieu, il y en aura toujours qui ne sauraient se réduire à de purs déplacements géométriques. C'est de ces phénomènes que nous voulons parler, quand nous disons que *tout déplacement local est accompagné de quelque modification physique.*

La démonstration de cette affirmation découle de la nécessité de résoudre la difficulté soulevée précédemment. Si le système AB est en mouvement, avons-nous dit, A ou B subit individuellement une modification. D'ailleurs, ce ne peut être un déplacement absolu puisque nous avons exclu ce genre de déplacement. Il ne peut être davantage question du mouvement relatif du système, puisque ce mouvement n'a rien d'individuel et ne peut être attribué d'une façon déterminée et s'imposant à l'esprit, à A plutôt qu'à B ou inversement. La modification que subit A, par exemple, et que mon esprit n'a pas le droit de transporter à B est une modification physique.

Nous avons dit encore qu'on ne peut concevoir un ensemble de corps ayant entre eux des relations spatiales, c'est-à-dire des positions déterminées les unes par rapport aux autres, qu'à la condition de les conce-

voir comme formant un continu plein ou réticulaire. Or, dans un tel milieu, il est malaisé de concevoir des mouvements qui se réduiraient à de purs déplacements géométriques. La déformation de volume qui se produira nécessairement entraînera des modifications physiques au sein de sa masse. C'est ce que nous avons d'ailleurs déjà remarqué plus haut.

Faisons encore cette observation. Toute modification de volume implique au minimum un changement dans les associations de particules matérielles en contact. Des contacts disparaissent, d'autres s'établissent. Si ces contacts ont lieu entre particules continues, il y aura destruction et production de cohésion entre ces particules. S'il y a seulement contiguïté, il y aura disparition et apparition de pressions. Dans les deux cas, il y aura modification physique au sens où nous l'avons définie.

Mais la principale raison que nous avons d'affirmer l'existence de cette modification physique est tirée de la conception que nous nous faisons de l'espace.

L'espace, avons-nous dit, ne possède pas de réalité indépendante des corps. Il constitue, comme dit Leibniz, un ensemble de relations entre les éléments des corps, et c'est seulement par la puissance d'abstraction de notre esprit, que nous le séparons du corps qu'il affecte. Or, le déplacement n'est qu'une modification de cet ensemble de relations. Si donc, à un ensemble déterminé de ces relations correspond un corps de nature physique déterminée, la modification des relations entraînera nécessairement une modification de la nature physique elle-même du corps qu'elles affectent. En d'autres termes, si l'espace affecte une nature physique donnée, la modification de cet espace affectera une modification de cette nature physique. Ces deux modifications constituent les deux éléments essentiels du mouvement. Au concret, l'un ne peut être produit sans l'autre. L'abstraction seule peut les séparer et

dégager du mouvement concret l'objet formel de la cinématique qui n'y considère que le premier élément.

La conception d'une modification physique, inséparable de tout déplacement local, peut être considérée comme gagnant tout le terrain que perd la théorie mécanique de l'univers. Or, ces pertes s'accroissent chaque jour. Voici, par exemple, ce que dit M. Poincaré : « La composition mécaniste de l'univers, qu'on admette l'hypothèse des atomes allant en ligne droite, et ne déviant que par le choc, ou l'attraction à distance offre en dehors de certaines difficultés métaphysiques des difficultés tirées de l'expérience. Dans l'hypothèse du mécanisme, tous les phénomènes doivent être réversibles... L'expérience met au contraire, en évidence, une foule de phénomènes irréversibles. Un corps chaud mis en présence d'un corps froid lui communique de sa chaleur. Le phénomène inverse ne se produit pas (1). »

Le même auteur constate un peu plus loin qu'on a eu recours, pour concilier le mécanisme et l'expérience, à l'intervention de *mouvements cachés*. Une conception aussi gratuite rend quelque peu suspecte la théorie qu'elle vient appuyer.

M. Bergen semble être avec nous lorsque, dans l'article déjà cité, il met en relief, d'une part la difficulté d'admettre un mouvement purement relatif, de l'autre la difficulté d'admettre un espace absolu que paraît exiger la notion d'un mouvement absolu. Il reconnaît, qu'au point de vue géométrique, on peut soutenir que le mouvement est relatif. Mais, ajoute-t-il, « qu'il y ait un mouvement réel, personne ne peut le contester sérieusement, sinon rien ne changerait dans l'univers, et surtout on ne voit pas ce que signifierait la conscience que nous avons de nos propres mouvements... *Mais s'il y a un mouvement absolu, peut-on persister à ne voir*

(1) Revue de Métaphysique et de Morale. *Le Mécanisme et l'Expérience.*

dans le mouvement qu'un changement de lieu? Il faudrait alors ériger la diversité de lieu en différence absolue et distinguer des positions absolues dans un espace absolu. Newton est allé jusque-là (*Principia*, Ed. Thomson, 1871, pp. 6 et suiv.), suivi d'ailleurs par Euler (*Theoria motus corporum solidorum*, 1765, pp. 30-33) et par d'autres. Mais cela peut-il s'imaginer ou même se concevoir? »

Ainsi donc, pas plus que nous, M. Bergen ne peut se résigner à voir dans le mouvement un simple changement de lieu. Nous n'osons affirmer qu'il admette toutes nos conclusions. Il n'en est pas moins vrai qu'elles paraissent découler des prémisses de l'auteur.

En terminant, nous pouvons citer à l'appui de notre thèse, M. Languevin, professeur suppléant au Collège de France. Dans un très remarquable Mémoire sur la physique des électrons (1) il a montré, entre autres résultats, que toute vitesse, *même constante*, et par conséquent tout déplacement d'un mobile électrisé supposait une dépense d'énergie se produisant tout le temps où le corps se déplace. D'après l'auteur, il y aurait production d'un champ magnétique au moment de la mise en mouvement du mobile, qui impliquerait une dépense d'énergie proportionnelle, en première approximation, pour les vitesses faibles par rapport à celles de la lumière, au carré de la vitesse, c'est-à-dire, de même forme que l'énergie cinématique ordinaire. *Donc, conclut-il, une partie au moins de l'inertie d'un corps électrisé est une conséquence de sa charge électrique.*

Tout déplacement étant accompagné d'une quantité d'inertie, si celle-ci implique une dépense d'énergie, tout déplacement est bien lié à une modification physique.

(1) *Rapport présenté au Congrès international des Sciences et des Arts à Saint-Louis*, le 22 septembre 1904. REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, 1905, p. 257.

II. — Critique du Principe d'inertie

1. — La Causalité et le Principe d'inertie

Avant d'exposer notre avis, transcrivons celui qu'exprime M. Poincaré dans son ouvrage, *La Science et l'Hypothèse* (1) : « Un corps qui n'est soumis à aucune force ne peut avoir qu'un mouvement rectiligne et uniforme. Est-ce là une vérité qui s'impose *à priori* à l'esprit? S'il en était ainsi, comment les Grecs l'auraient-ils méconnue?... Si l'on dit que la vitesse d'un corps ne peut changer, s'il n'y a pas de raison pour qu'elle change, ne pourrait-on pas soutenir tout aussi bien que la position de ce corps ne peut changer, ou que la courbure de sa trajectoire ne peut changer si une cause extérieure ne vient la modifier? Le principe d'inertie qui n'est pas une vérité *à priori* est-il donc un fait expérimental? Mais a-t-on jamais expérimenté sur des corps soustraits à l'action de toute force, et si on l'a fait, comment a-t-on su que ces corps n'étaient soumis à aucune force? »

Nous ne voyons pas ce qu'on peut opposer à ce raisonnement de l'éminent auteur. Un effet sans cause, voilà en résumé ce que M. Poincaré reproche de supposer à la loi de l'inertie.

Tout mouvement, avons-nous dit, implique une modification physique, qui se poursuit tout le temps qu'il a lieu. En l'absence d'espace absolu, on ne peut concevoir de mouvement d'ensemble d'un volume. Le mouvement implique essentiellement une déformation de volume, et ce volume se déforme tout le temps que dure le déplacement des parties qui s'effectue dans sa masse. Or, la loi d'inertie assigne bien une cause au

(1) Chap. VI, p. 112.

déplacement initial, mais elle en refuse à ceux qui suivent, du moins quand ceux-ci sont semblables au premier. Voilà ce qui, à bon droit, offusque M. Poincaré. Vous prétendez, dit-il, que l'intervention d'un agent physique est nécessaire là seulement où il y a un changement à produire. Nous sommes d'accord. Vous ajoutez : la vitesse étant supposée constante, il n'y a pas de changement de vitesse, le corps est donc en état de mouvement invariable. Cela est vrai encore. Mais parmi les éléments du mouvement d'un mobile la vitesse n'est pas le seul qui soit susceptible de changement. Dans un mouvement il y a à considérer la position, la vitesse, l'accélération, etc. Or, tous ces éléments peuvent subir des changements dont il faut déterminer la cause. C'est gratuitement que vous exigez un agent pour produire le second, sans vous préoccuper du premier. J'aurais aussi bien le droit de commencer au troisième et de dire : un mobile en état d'accélération constante n'a besoin de l'intervention d'aucun agent pour persévérer dans cet état. C'est donc au premier changement, celui de la position, qu'il faut tout d'abord assigner une cause. La cause qui expliquera cette variation expliquera par le fait toutes les autres. Quand vous aurez assigné la nature de la fonction primitive, vous aurez assigné celle de toutes ses dérivées.

2. — *Impossibilité du mouvement dans le vide*

Dans le vide, affirment les partisans du principe d'inertie, un mobile abandonné à lui-même irait indéfiniment en ligne droite. Qu'est-ce que ce vide sinon cet espace absolu dont nous avons nié l'existence? Un mobile ne saurait donc se déplacer, même un instant, dans un milieu que l'esprit lui-même ne peut concevoir.

S'il ne s'agissait que d'une difficulté accidentelle ou du moins extrinsèque à la nature du mouvement, on pourrait dire : de fait, un mobile ne se déplace jamais dans le vide, mais nous concevons que s'il s'y déplaçait, tout se passerait selon l'énoncé du principe d'inertie. Il s'agit ici d'une difficulté intrinsèque qui empêche non seulement d'exécuter mais même de concevoir le mouvement. L'esprit en effet ne peut pas se former un concept dont l'un des éléments implique une répugnance intrinsèque, à plus forte raison ne peut-il en déduire une loi.

Si l'on veut formuler la loi définissant le mouvement d'un corps abandonné à un instant donné par la force qui le sollicitait, il faut absolument envisager le corps comme se déplaçant au sein d'un milieu corporel, puisqu'un autre milieu ne peut se concevoir. Nous chercherons plus loin à résoudre ce problème.

Nous ne pouvons pas concevoir un mobile se déplaçant dans le vide. Encore moins pouvons-nous le concevoir se mouvant en ligne droite, puisque, dans ce vide, il n'existe aucun point de position déterminée permettant de définir une ligne de nature donnée.

3. — *La force d'inertie*

Quand un mobile se meut en vitesse constante, la direction et l'intensité de cette vitesse sont nécessairement conditionnées par l'ensemble des circonstances qui caractérisaient l'état du mobile à l'instant précédent. Or, la force ayant cessé d'agir, pour un mobile donné, les seules circonstances caractéristiques de l'état du mobile à un instant donné sont l'intensité et la direction de sa vitesse. C'est par l'intermédiaire de ces seuls éléments que la force disparue peut exercer une influence sur le mouvement ultérieur du mobile. C'est donc à ces éléments, ou, ce qui revient au même, à une

fonction de ces éléments qu'il faut demander la raison du mouvement et par conséquent aussi de la modification physique qui l'accompagne. Ainsi donc un mobile a telle vitesse au temps présent, parce qu'il avait cette même vitesse à l'instant précédent. En d'autres termes, si l'on demande : pourquoi ce mobile suit telle direction avec une vitesse donnée, et subit telle altération physique, élément essentiel du mouvement, on doit répondre : parce qu'il était animé de ce même mouvement à l'instant précédent. Le mobile en mouvement représente une véritable énergie au sens intuitif du mot.

En résumé, la même qualité d'un corps en mouvement nous apparaît sous deux aspects différents. Nous y reconnaissons une qualité passive, en vertu de laquelle il se déplace, et qu'en nous mettant à ce point de vue, nous appelons vitesse. D'autre part, cette même qualité, considérée à l'instant précédent, nous apparaît comme une qualité active, une énergie qui explique le déplacement ultérieur.

Les partisans du principe d'inertie se sont parfaitement rendu compte du rôle actif que semble jouer la vitesse à un instant donné, ou, ce qui revient au même, la fonction de cette vitesse appelée force vive. Ils ont considéré comme équivalent, d'affirmer que le mobile abandonné de la force qui le sollicite se déplace par lui-même, ou qu'il se déplace en vertu de sa force d'inertie. Ils considèrent donc cette inertie comme une véritable énergie. Nous ne saurions les en blâmer. Nous leur reprochons seulement de ne pas accepter toutes les conséquences qu'entraîne cette manière de voir.

Une force intérieure à un corps et sans point d'appui au dehors, ne saurait mouvoir ce corps. Or, il en serait ainsi si l'on voulait attribuer le mouvement à la force d'inertie du mobile sans lui assigner un point d'appui au dehors. Nous aurons à revenir sur cette question du point d'appui.

Une force est encore susceptible de produire un travail, une altération physique. Nous ne voyons pas quel genre de travail accomplirait cette force d'inertie déplaçant le mobile au travers d'un vide absolu, où elle ne rencontre aucune résistance.

4. — *Travail de la force vive*

Quelle que soit la nature de la modification physique inhérente au mouvement, cette modification représentera nécessairement un travail accompli par la force cause du déplacement. Si donc on suppose une force susceptible de produire un déplacement qui tende par sa nature à se prolonger indéfiniment, on imagine par le fait une énergie capable de produire un travail infini. Voilà encore un point de vue qui rend inadmissible la conception classique du principe d'inertie. Tout s'explique au contraire si on conçoit une force agissant durant un temps donné comme ayant pour objet d'emmagasiner dans le mobile une énergie qu'on appellera, si l'on veut, force vive, énergie limitée et mesurable qui effectuera un travail susceptible de cesser à la longue, en même temps qu'elle s'épuise. Il suffirait de supposer la persistance de cette énergie analogue à celle de la chaleur interne du radium, pour expliquer comment jusqu'ici on n'a pu encore observer de diminution. L'hypothèse de cette déperdition non encore constatée et pourtant inévitable écarterait ainsi la conception d'un travail de sa nature indéfini.

Il resterait à assigner au dehors le point d'appui de cette énergie intérieure au mobile. C'est ce que nous tenterons bientôt.

Nous voulons mentionner, ne serait-ce que pour mémoire, une des objections que soulevaient les philosophes du moyen âge contre la conception d'un mouve-

ment indéfini. Tout mouvement, disaient-ils, est une tendance du mobile vers un terme. Or, un mobile, qui par la nature même de son mouvement, tend à se mouvoir indéfiniment en ligne droite ne tend vers aucun terme. Cet argument tiré de la nécessité d'une cause finale ne serait guère goûté aujourd'hui. Et pourtant, n'existe-t-il pas toute une école de naturalistes qui formule ce principe : la fonction crée l'organe, principe qui a bien quelque analogie avec cet autre des philosophes anciens : il n'y a pas de mouvement sans objet?

5. — *L'opinion des savants d'aujourd'hui*

Nous avons dit comment M. Poincaré se refusait à admettre l'existence d'un mouvement qui se poursuit après que la force a cessé d'agir.

Cette manière de voir tend à s'accréditer, à mesure que l'observation donne de nouveaux démentis à la théorie mécanique de Képler et de Newton.

M. Picard déclare à son tour : « Tous ceux qui ont eu à enseigner les débuts de la mécanique... ont senti combien les expositions plus ou moins traditionnelles des principes sont incohérentes (1). » Il reproche à cette mécanique le dualisme qu'elle crée entre la force et la matière.

« La force y apparaît, dit M. de Lapparent (2), comme un agent particulier qui est la cause de tout mouvement. D'un côté, une matière absolument incapable d'agir; de l'autre, une force qui n'est ni spirituelle ni matérielle, mais sans laquelle la matière n'est capable d'aucun mouvement, voilà le résumé de la mécanique usuelle »; et plus loin : « Il est permis d'accuser la loi

(1) *Quelques réflexions sur la Mécanique* (1902).
(2) *Science et Apologétique.*

d'*inertie* de faire intervenir au moins dans les termes une conception sujette à des malentendus ».

M. de Freycinet (1) observe que « *l'expression n'est pas heureusement choisie, car elle éveille l'idée d'une impuissance complète d'action.* Or, dit-il, un corps est au contraire le théâtre de phénomènes nombreux ; il possède la cohésion, l'affinité chimique, il ne mérite pas la qualification d'inertie ».

Citons encore M. de Lapparent (2) : « ... On peut dire que la mécanique moléculaire est encore à faire. Cela tient à ce que plus nous nous rapprochons des derniers éléments des corps, moins l'affirmation de l'inertie devient légitime. Il n'est pas une particule de matière que nous puissions considérer comme dépourvue d'énergie... Que cette énergie soit inhérente à la matière et doive servir seule à la définir, comme le pensait Boscowich, ou qu'elle ait besoin de s'appuyer sur quelque substratum, peu importe : *aucune particule matérielle ne saurait répondre à cette conception d'un point simplement doué d'une masse résistante, et incapable de se mettre en mouvement sans l'intermédiaire d'une puissance extérieure...* Une doctrine a surgi en opposition avec celle de l'inertie, l'*Énergétique* qui n'établit pas de dualisme entre la matière et la force. »

M. Crémieu (3) affirme que le principe de causalité de la mécanique rationnelle appliquée à la physique théorique n'est pas le principe d'inertie qui définit la force, mais bien le principe de l'attraction à distance. On peut chercher dans toutes les théories physiques, on trouvera toujours à la base une force due à une attraction (ou à une répulsion) entre masses petites ou grandes.

Il observe encore que l'expérience a conduit à envi-

(1) *Les Principes de la Mécanique rationnelle*, p. 87.
(2) *Science et Apologétique*, p. 87.
(3) Article déjà cité.

sager dans les corps deux espèces d'inertie très différentes : l'inertie ordinaire à la masse des corps en mouvement, et l'inertie électromagnétique, mais elle n'obéirait pas à la gravitation, elle serait de plus fonction de la vitesse. M. Kaufmann a cru constater que la masse des particules en mouvement qui constituent les rayons β du radium est purement électromagnétique. On aurait donc isolé ces deux choses jusqu'ici inséparables : la charge électrique et son support pondérable; par suite, on pourrait concevoir l'énergie cinétique, abstraction faite de l'invariante masse.

Les particules à inertie purement électrique émaneraient de corps pesants. Certains croient que l'émanation de ces corps se transforme en corps pesants eux-mêmes. Il y aurait donc une période où la gravitation disparaîtrait pour réapparaître ensuite.

Nous avons tenu à exposer ainsi avec quelques développements les idées que M. Crémieu exprime dans son remarquable travail, afin de montrer comment la science actuelle tend de plus en plus à considérer comme insuffisante la notion d'une masse inerte et invariable.

Dans son rapport au Congrès de Saint-Louis (1), M. Languevin soutient des idées analogues. Les corpuscules cathodiques, nous dit-il, par cela même qu'ils sont chargés, possèdent la propriété fondamentale de la matière, l'*inertie* et subissent des accélérations dans le champ électromagnétique.

Il nous dit qu'on conçoit l'*inertie* et la *masse* non plus comme une notion fondamentale, mais comme une conséquence des lois de l'électromagnétisme. Une sphère électrisée en mouvement est accompagnée d'un champ électromagnétique. On vérifie que le champ électromagnétique produit par le mouvement de la

(1) *La Physique des électrons.* REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, 1905, p. 257.

sphère est en chaque point proportionnel à la vitesse de celui-ci, du moins tant que cette vitesse ne s'approche pas trop de celle de la lumière. Cette production d'un champ magnétique au moment de la mise en mouvement du mobile implique une dépense d'énergie proportionnelle, en première approximation et pour les vitesses faibles par rapport à celles de la lumière, au carré de la vitesse, c'est-à-dire de même forme que l'énergie cinématique ordinaire. Donc une partie au moins de l'inertie d'un corps électrisé est une conséquence de sa charge électrique.

On voit donc que dans cette théorie, l'inertie suppose la présence d'une énergie qui l'entretienne et par conséquent la transforme en une véritable force.

6. — *Explication d'une erreur*

On pourrait s'étonner que, durant quatre siècles, le monde savant ait persévéré dans cette erreur d'un mouvement se poursuivant dans le vide sans l'intervention d'aucune force. Pour la seconde fois, les hommes s'étaient laissé prendre aux apparences. Ils se félicitaient de s'être affranchis de cette illusion des sens, qui si longtemps leur avait fait croire à un ciel tournant autour d'une terre immobile, et voici que la trompeuse apparence de corps gravitant dans un milieu vide de toute substance corporelle les amenait à formuler les lois d'une mécanique basée sur le principe d'inertie. La métaphysique protestait sans doute, mais en ces temps on commençait à ne plus croire beaucoup à la métaphysique. Ce n'est que de nos jours, où des observations plus précises ont permis de contrôler les lois de cette mécanique, qu'on a commencé à s'apercevoir de ce qu'elles avaient de peu conforme à ces observations.

Pour nous, appuyés à la fois sur les déductions du

raisonnement et sur les faits récemment observés, nous ne craignons pas d'opposer à la loi d'inertie, le principe suivant : *Tout corps qui se déplace, le fait en vertu d'une énergie qui l'accompagne tout le temps du mouvement.*

III. — Nouvelle hypothèse

Du moment que nous n'admettons pas le principe d'inertie, nous sommes obligés d'indiquer une nouvelle hypothèse capable d'expliquer les faits tels que les fournit l'expérience. Nous disons une hypothèse et non une théorie, au sens rigoureux du mot, car nous ne prétendons pas donner une explication certaine des phénomènes mécaniques, mais exposer un système offrant un degré plus ou moins grand de vraisemblance.

1. — Impuissance d'un mobile à se mouvoir lui-même

Au premier abord, il pourrait sembler que tout revient à une question de mots. Que reprochons-nous, en effet, au principe de l'inertie, tel qu'il est formulé? De supposer un mobile qu'aucune énergie n'accompagne dans un déplacement. Or, n'avons-nous pas la force vive, déterminée par la force, et qui, elle, accompagne le mobile? Prenons dans son sens littéral, ce terme de force qui entre dans son expression, et nous aurons une véritable énergie à laquelle nous pourrons attribuer le mouvement. A qui proposerait cette solution, nous pourrions objecter la difficulté de concevoir une force agissant pendant un temps fini et produisant une quantité d'énergie susceptible de donner un travail indéfini. On répondrait peut-être que rien ne nous

interdit de modifier l'énoncé du principe d'inertie et de supposer la force d'inertie s'épuisant à la longue, et le mouvement se ralentissant avec elle.

Mais une difficulté plus grave et que nous avons déjà signalée naît d'un autre ordre d'idées. La mécanique classique admet que nul mobile ne saurait se mouvoir lui-même. Nous pourrions sans doute en contester l'exactitude, comme nous contestons celle du principe d'inertie, mais nous n'avons aucun motif de le faire. Au contraire, à notre avis, si ce principe n'existait pas, il faudrait l'inventer. Car il découle, comme une conséquence nécessaire, de l'impossibilité d'un mouvement absolu.

En effet, le mouvement absolu étant rejeté, le système moteur ne pourra imprimer au système mobile qu'un mouvement relatif. Remarquons d'abord que, d'après l'hypothèse, nulle influence mécanique ne se produit du moteur au milieu ni du milieu au mobile; sans cela ce milieu ferait partie, ou du système moteur, ou du système mobile, selon qu'il exercerait une influence sur le système mobile, ou en subirait une du système moteur. Il suit de là que le milieu et le système moteur forment un ensemble que ne sollicite aucune force et que, par conséquent, on ne saurait concevoir comme animé d'un mouvement relatif, l'un par rapport à l'autre. Tout revient donc à étudier le mouvement relatif du mobile par rapport au moteur. Or, il est évident que si ces systèmes se confondent comme il arrive nécessairement quand la force est intérieure au mobile, il n'y aura aucun mouvement.

Ainsi donc, on ne saurait concevoir une force intérieure à un mobile et le déplaçant d'un mouvement d'ensemble. On ne saurait davantage imaginer une force émanant d'un système immobile et déplaçant une masse située en dehors. Il serait trop long d'en donner les raisons. L'expérience est d'accord avec la théorie

pour affirmer que l'existence d'un système mécanique où le moteur et le mobile sont absolument distincts, ne peut se réaliser. *Tout système mécanique se ramène au type d'une masse déformable, animée dans toutes ses parties d'une énergie qui a pour effet de produire une déformation dans la masse.*

La force d'attraction qui s'exerce entre deux points matériels A, B est également présente dans A, dans B et dans le milieu. Elle ne porte pas plus A vers B, que B vers A. Elle tend à rapprocher A et B l'un de l'autre.

De tout ce que nous venons de dire, il suit que nous ne pouvons borner notre hypothèse à concevoir la force vive comme une énergie du mobile le transportant dans l'espace. Il y aurait là, sans doute, une part de vérité, mais pour l'obtenir tout entière nous devons chercher l'existence d'une énergie résidant à la fois dans le mobile et dans la masse au sein de laquelle il se déplace.

2. — *L'Attraction*

Imaginons une masse continue élastique et fluide et, par conséquent, ne possédant pas d'atomes isolés et indivisibles. Nous emploierons parfois le mot atome pour la facilité du langage, mais alors nous entendrons par ce terme une particule de matière très petite. Le mot matière lui-même est pris dans un sens absolument général, et nous ne la distinguerons pas de l'éther.

Nous prenons pour point de départ de notre hypothèse ce premier principe :

Deux atomes quelconques s'attirent.

C'est la loi de Newton amputée du carré de la distance. Au point où nous en sommes, nous n'avons de données suffisantes ni pour affirmer ni pour nier cette loi du

carré; nous devons donc nous abstenir jusqu'à nouvel ordre de préciser davantage.

Le principe que nous venons d'énoncer demande quelques explications. Du moment qu'il n'y a pas d'espace absolu, l'attraction des atomes A et B ne saurait porter A mobile vers B immobile. On ne peut même pas concevoir A et B, comme formant les extrémités d'une ligne droite qui diminuerait de longueur, en dehors de tout milieu continu. Il faudrait, en effet, supposer une longueur absolue susceptible en elle-même d'augmentation ou de diminution. Ce serait revenir à l'espace absolu. Mais alors, quel peut être l'effet d'une attraction entre deux atomes? Supposons ces atomes A, B plongés au sein d'une masse continue. Nous pouvons imaginer cette masse décomposée en portions très petites, que nous appellerons toujours atomes, et dont A et B feront partie. Il pourra arriver, par exemple, que A soit sollicité dans une direction donnée par une énergie supérieure à celles qui sollicitent les atomes voisins vers la même direction. Cette inégalité de forces pourra changer l'ordre de position des atomes les uns par rapport aux autres. A, qui était placé entre M et N, pourra passer au delà de N. C'est ce changement dans la disposition des atomes qui constituera le mouvement relatif. L'attraction ne déplace pas les corps qu'elle sollicite, elle les déforme.

Jusqu'ici, nous n'avons considéré que l'attraction exercée entre deux atomes, et, par suite, nous trouvant en face d'un système absolument réciproque, nous n'avions nul motif de distinguer entre atome attirant et atome attiré.

Considérons maintenant l'attraction que subit un atome donné A de la part de l'ensemble des atomes de la masse. Il est naturel d'admettre que de toutes ces composantes partielles se formera une attraction résultante que l'on obtiendra en appliquant la règle pour la

composition des vecteurs concourants. Nous sommes ainsi amené à formuler ce second principe :

Tout atome A est sollicité par une attraction résultante, qu'on détermine en appliquant la règle de composition des vecteurs concourants, aux attractions sur A de tous les atomes de la masse.

3. — *Réalité de l'Attraction*

Quand nous parlons de l'attraction des corps, c'est au sens strict que nous entendons cette expression. Les mots ne nous effrayent pas, et, si quelqu'un nous accusait d'admettre des entités mystérieuses, nous répondrions que l'entité d'un corps n'est guère moins mystérieuse que son activité. Il est pourtant des hommes qui croient encore à l'existence des corps, et ceux qui s'y refusent n'évitent un mystère que pour en accepter beaucoup d'autres. Il suffit de poser une gaine protectrice sur un mécanisme pour en faire un être mystérieux. Cela ne l'empêche pas d'exister.

On nous dira que nous posons un principe *à priori*. Des considérations métaphysiques nous ont guidé sans doute, et, néanmoins, nous nions formellement que le principe de la réalité de l'attraction soit un principe *à priori*. Bien plus, nous ne craignons pas de formuler cette affirmation : *La négation de la réalité de l'attraction est un principe « à priori »*. Et nous le prouvons. Que disent les faits ? D'après Newton, ils disent : tout se passe comme si les corps s'attiraient. Conclusion : au témoignage des faits, les corps s'attirent. Mais voici, toujours d'après Newton : si les corps s'attiraient, il faudrait admettre l'action à distance. Or, déclare l'éminent savant : « Que la gravité soit innée, inhérente et essentielle à la matière, de sorte qu'un corps puisse agir sur un autre corps *à distance*, *à travers le vide et*

sans aucun intermédiaire qui transmette cette action, c'est pour moi une absurdité si grande qu'il me semble impossible qu'un homme capable de traiter de matière de philosophie y puisse tomber. » L'impossibilité de l'action à distance, voilà donc le principe *à priori* au nom duquel on a repoussé une proposition appuyée par les faits.

Pour nous, nous croyons avec Newton à l'impossibilité de l'action à distance. Mais tout le monde sait aujourd'hui que, grâce à la présence de l'éther, une attraction effective entre les corps n'implique nullement cette action à distance, et tout porte à croire que Newton serait le premier aujourd'hui à admettre la loi dont il est l'inventeur.

Dans cette affirmation : tout se passe comme si les corps s'attiraient, l'auteur de la loi de la gravitation nous paraît trop réservé ou trop affirmatif : trop réservé, s'il admet l'existence de causes physiques qui révèlent les phénomènes observés. Si ces causes existent, nous ne pouvons les connaître que par leurs effets et dès lors, dire que tous les effets que devraient produire ces causes sont produits effectivement, c'est dire que l'existence de ces causes est démontrée, autant qu'elle peut l'être... Newton est trop affirmatif, au contraire, s'il nie la possibilité de remonter de l'effet à la cause. Au lieu de dire : tout se passe comme si les corps s'attiraient, il aurait dû se borner à dire : tout se passe comme s'il y avait des corps, et comme si ces corps s'attiraient. Et encore aurait-il été trop affirmatif. Car s'il était radicalement impossible de remonter des effets aux causes, nous n'aurions pas même les concepts d'effet et de cause, et encore moins aurions-nous l'idée de la connexion qui pourrait relier un effet donné à une cause déterminée. Nous ignorerions par conséquent si un effet mécanique ou physique déterminé appartient à la catégorie de ceux que pourrait produire l'attraction.

Du reste, remarquons-le, Newton n'a pas nié formellement la réalité de l'attraction. Il a seulement exigé qu'on lui indiquât un intermédiaire entre les corps en présence. Son exigence est aujourd'hui satisfaite.

Les partisans de l'attraction deviennent chaque jour plus nombreux.

M. Hirn (1) nous dit : « L'attraction universelle n'est pas une hypothèse *mais un fait constaté*. L'hypothèse eût commencé si Newton avait voulu expliquer la nature de la pesanteur. Il ne l'a pas fait. Il s'est borné à admettre qu'entre deux corps qui tendent l'un vers l'autre, il fallait bien qu'il se trouvât *quelque chose*. Il pensait, en effet, que nulle action ne peut se transmettre dans le vide. « Newton a dit très prudemment, affirme M. Hirn, que les choses se passent comme si les corps s'attiraient. *Depuis l'expérience de Cavendish, une pareille prudence serait un contre-sens, et l'attraction est rentrée dans le domaine des faits acquis purs et simples*. Je ne pense pas qu'aujourd'hui il se trouve un seul astronome qui attache au mot attraction un sens explicatif, et qui par suite en vienne à confondre un fait avec une hypothèse. » Et plus loin : « Nous avons droit de chercher la nature de ce qui fait tendre A vers B. Si nous appelons *matière* ce qui constitue la masse de A et de B, nous pouvons de plein droit appeler *force* ce qui met ces masses dans un certain rapport spécial, et affirmer que la force a une existence distincte et réelle, en dehors de la matière. »

Cette force tombe sous l'empire de l'expérience. Si la gravitation est une force, il en est de même de l'électricité et de la chaleur.

Nous citons un passage de l'article de M. Crémieu sur le problème de la gravitation universelle « ... à l'heure actuelle la notion d'attraction à distance est devenue

(1) *L'Avenir du Dynamisme dans la Science physique*. Paris, Gauthier-Villars, 1896.

primordiale et domine toute préoccupation de chercher comment une attraction peut se faire sentir à distance. Les expériences de Cavendish, qui firent en 1798 toucher du doigt l'existence de la force attractive, contribuèrent puissamment à créer un esprit nouveau, l'idée d'attraction à distance s'est imposée peu à peu. On peut même dire que le principe de causalité de la mécanique rationnelle appliquée à la physique théorique n'est pas le principe d'inertie qui définit la force, mais bien le principe de l'attraction à distance. Qu'on cherche en effet dans toutes les théories physiques, on trouvera toujours à la base une force due à une attraction (ou à une répulsion) entre masses petites ou grandes. » Comme nous l'avons dit, nous ne partageons pas l'opinion qui semble être celle de M. Crémieu, de la réalité d'une action à distance. Il nous suffit de constater que le savant auteur a été conduit par l'observation des faits à considérer l'attraction des corps comme une réalité.

On peut encore lire le Mémoire de M. Languevin sur la physique de l'électron, et l'on constatera que tout ce travail semble supposer, lui aussi, la réalité de l'attraction.

4. — *Le rôle de la force dans le mouvement*

Disons-le, une fois pour toutes, nous entendrons par *force* tout ce que les physiciens et les chimistes désignent de ce nom, percussions, chaleur, etc., en faisant abstraction de la définition qu'ils en donnent et qui est précisément ici en discussion.

L'attraction que nous avons définie tout à l'heure expliquerait sans doute la possibilité d'un mouvement, au sein d'une masse continue quelconque, mais conçue indépendamment de la notion de force, elle n'explique pas par elle-même le rôle de son intervention dans la

mise en mouvement d'un mobile à un instant donné. C'est ce rôle qu'il nous faut expliquer.

La théorie de la gravitation suppose invariable l'intensité de l'attraction de l'unité de masse sur l'unité de masse à l'unité de distance. Cette hypothèse est gratuite et de plus en plus contestée aujourd'hui. Pourquoi, comme les autres propriétés de la matière, cette énergie d'attraction entre deux atomes ne subirait-elle pas l'influence d'agents susceptibles de la modifier? Sous des influences données, l'énergie magnétique d'un corps, sa charge électrique augmentent ou diminuent. Imaginons que l'effet propre de ce que nous appelons une force soit précisément de *modifier* l'intensité de l'attraction de deux atomes, et voyons quelles seront les conséquences d'une pareille hypothèse.

Soient donc deux atomes A, B s'attirant avec une intensité I et supposons une force F sollicitant l'atome A dans une direction faisant un angle θ avec la direction de la droite qui relie les deux atomes. Nous pouvons décomposer cette force F en deux autres forces, l'une située dans la direction des deux atomes, l'autre perpendiculaire à cette direction. Quelle que soit la nature de l'influence supposée d'une force sur l'intensité d'attraction de deux atomes, quand la direction est perpendiculaire à celle des atomes, il n'y a pas de raison de supposer qu'elle tend à la modifier, dans un sens plutôt que dans le sens contraire. Il est donc logique d'admettre qu'ici son influence est nulle. Nous admettrons donc qu'une force n'influe que par sa composante selon la direction des deux atomes, et nous posons ce principe :

Toute force qui sollicite un atome A produit un accroissement d'attraction de cet atome A pour un atome quelconque B, proportionnel à la projection de la force sur la direction des deux atomes.

Dans le cas d'une projection négative, nous admettons que l'accroissement sera négatif. Pratiquement nous

aurons une diminution d'attraction. Dans les deux cas, nous nous servirons du terme *surattraction* pour désigner cette variation d'attraction.

Des surattractions élémentaires de l'atome A relatives aux divers atomes de la masse, on formera une surattraction résultante, qui, composée elle-même avec l'attraction résultante, donnera l'énergie résultante totale qui sollicitera l'atome.

Pour être rigoureux, il aurait fallu commencer par définir la surattraction moyenne relative à une force agissant durant un temps donné; puis en déduire la surattraction à un instant donné. Le lecteur suppléera à la brièveté de nos développements. Il est donc bien entendu que, dans ce qui précède, nous supposons la force agissant à un instant donné. A chaque instant successif, elle produira une nouvelle surattraction infinitésimale. Tout se passera comme pour les accélérations successives, remplacées ici par des surattractions.

Toutes choses égales d'ailleurs, la surattraction relative à un atome A dépendra de sa position au sein de la masse, *en sorte que la force aura pour effet de créer un véritable champ de surattraction* analogue à un champ magnétique ou à un champ électrique.

Nous pouvons citer de nombreuses autorités à l'appui de cette conception d'une attraction susceptible de varier sous l'influence de causes données. Nous nous bornons à renvoyer aux Mémoires déjà cités de MM. Crémieu et Languevin. Toutes les théories développées dans ces Mémoires supposent plus ou moins cette variabilité d'attraction. M. Crémieu nous dit, par exemple, que le principe de l'attraction, tel que l'a formulé Newton, n'est vraisemblablement qu'une première approximation.

Les savants (1) admettent aujourd'hui, sur la foi de

(1) Voir, par exemple, les COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES : MM. Ed. et François Cosserat, t. CXL, p. 932, avril 1905.

l'observation, que la masse d'un corps n'est pas *un invariant*, mais qu'elle est fonction de la vitesse. Etant donnée la conception qu'on se fait de la masse, n'est-ce pas admettre équivalemment que la force d'attraction est une force variable?

5. — *Mouvement déterminé par l'Attraction*

Supposons d'abord la masse formant une sphère homogène, ou du moins composée de couches sphériques homogènes. A raison de la symétrie du volume, il est évident que les seuls mouvements possibles seraient ceux qui résulteraient de la condensation ou de la dilatation de couches sphériques. Nous laissons de côté cette hypothèse.

Concevons maintenant une masse quelconque. Du moment que nous ne faisons aucune supposition sur la distribution de la densité, nous devons admettre au sein de cette masse un certain nombre de points de densité maximum. Soit M un de ces points. Il aura, comme nous l'avons expliqué, une résultante d'attraction qui le sollicitera vers la région centrale de la masse. Un atome A très voisin de M sera entraîné avec lui vers la même région. Mais, en même temps, il tendra à se rapprocher de M, qui à raison de son excédent de densité, sur la densité moyenne, et de sa proximité de A, exercera sur lui une action prépondérante. Car, bien que nous n'ayons pas précisé la loi de la variation de l'intensité de l'attraction avec la distance, nous supposons que celle-là croît quand celle-ci décroît. Il suit de là, que les divers centres de densité maximum condenseront autour d'eux la matière de la région voisine, et nous aurons ainsi des corps de matière très condensée, plongés au sein d'une matière plus ou moins raréfiée. Grâce à ce résultat, le milieu offrira au déplacement

des corps condensés une résistance qu'on pourra supposer aussi faible que le demandera l'observation, et notre masse offrira un aspect analogue à celui de l'univers que nous avons sous les yeux. Sous l'influence de l'attraction, ces corps se déplaceront au sein de la masse, d'après des lois plus ou moins compliquées.

Il est facile de ramener le cas de la masse hétérogène que nous venons de considérer au cas d'une masse homogène. Nous pouvons, en effet, substituer à la première une masse homogène ayant en tous ses points la densité minimum de la masse hétérogène, et calculer d'après cette hypothèse la résultante d'attraction d'un atome A. De la sorte nous négligerions les composantes de cette résultante fournies par les excédents de densité des corps condensés, par rapport à cette densité minimum. L'influence qu'exercent ces corps sur l'atome par leur excédent de densité serait alors considérée, non comme une attraction au sens défini tout à l'heure, mais plutôt comme une force ayant pour rôle de déterminer des surattractions dans l'atome A. Ainsi, dans l'univers réel, l'éther, qui aurait précisément cette densité minimum, déterminerait la résultante d'attraction de l'atome, et chaque astre, au même titre qu'une force quelconque de la nature, effort musculaire, puissance magnétique, etc., déterminerait les surattractions résultantes auxquelles, effectivement, seraient dûs les mouvements observés.

6. — *Mouvements déterminés par la Surattraction*

La remarque que nous venons de faire en dernier lieu nous permet, sans restreindre le problème à résoudre, de concevoir la force donnée F comme sollicitant l'atome A au sein d'une masse homogène et de densité assez faible, pour permettre le mouvement sans

opposer de résistance sensible. C'est dans cette hypothèse que nous allons nous placer désormais.

Notre préoccupation de ne pas multiplier les suppositions gratuites devrait nous engager à ne donner aucune forme particulière à la masse homogène que nous considérons. Néanmoins, les explications devant y gagner en clarté et simplicité, nous supposerons cette masse sphérique. Il serait facile de démontrer que le cas d'une masse quelconque se ramènerait à celui d'une masse sphérique au point de vue de l'hypothèse que nous cherchons à établir.

Soient O le centre de la sphère, A le point qu'occupe la particule matérielle sollicitée par la force, F l'intensité de cette force, θ l'angle que fait sa direction avec OA, ou son prolongement. Le diamètre de la sphère passant par A, et la direction de la force déterminent un grand cercle de la sphère dont le plan est un plan de symétrie par rapport aux atomes convenablement associés deux à deux. On en déduit immédiatement que la résultante d'attraction, et celle de surattraction déterminée par la force seront toutes deux situées dans ce plan. La première sera dirigée suivant le diamètre passant par A, et c'est en composant ces deux résultantes qu'on aura la résultante d'énergie totale qui déterminera le mouvement de A au sein de la masse.

Pour pouvoir calculer effectivement la trajectoire d'un atome sollicité par une force donnée, il faudrait préciser notre hypothèse. Nous devrions définir la loi d'attraction de deux atomes, le coefficient de surattraction, la manière de mesurer l'intensité d'une force. Tout cela est inutile étant donné le but que nous nous proposons, et nous jetterait d'ailleurs dans le domaine de la pure rêverie. Nous nous bornerons donc à l'objet de nos recherches. Or, cet objet exige seulement que *nous établissions notre hypothèse sur de telles bases,*

qu'en substituant la notion de surattraction développée par une force, à celle de vitesse produite par cette même force, les effets mécaniques soient sensiblement les mêmes, dans les limites de l'univers observable.

7. — *Le mouvement dans l'Univers observable*

Expliqué d'après notre hypothèse, le mouvement d'un point matériel serait en général fort différent de celui que définit la mécanique de Galilée et de Newton. Mais nous pouvons le considérer dans des conditions limitées de temps et d'espace, où aucune différence sensible ne permettra de distinguer les deux mouvements l'un de l'autre. Ce sont ces conditions que nous allons définir.

Concevons donc une région de la masse sphérique, telle que sa plus grande dimension soit de longueur négligeable par rapport à la distance d'un quelconque de ses points au centre de la sphère. Supposons cette même distance, à son tour, de grandeur négligeable par rapport au rayon de la sphère, et concevons enfin la durée des observations trop restreinte, pour qu'aucun des observateurs qui ont contribué ou contribuent encore à édifier le monument de la science se soit jamais trouvé en dehors des deux conditions que nous venons de poser. C'est à cette portion d'univers, ainsi limitée dans le temps et dans l'espace, que nous donnerons le nom d'*univers observable*. Nous allons chercher les conditions du mouvement dans une pareille région.

Établissons d'abord cette proposition : *Dans la région de l'univers observable la résultante d'attraction est d'ordre négligeable, et le mouvement peut être considéré comme l'effet de la seule résultante de surattraction.*

Soit toujours A l'atome en mouvement, F la force qui

le sollicite. Considérons deux atomes B, C symétriques par rapport au point A. Leurs attractions sur A seront égales et de sens contraires et par conséquent se neutraliseront. La résultante d'attraction de l'atome A n'aura donc d'autres composantes que celles fournies par les atomes de la sphère, qui n'ont pas, à l'intérieur de cette même sphère, d'atomes symétriques par rapport au point A. Or, nous l'avons dit, la distance du point A au centre de la sphère est de grandeur négligeable par rapport à son rayon. On en déduirait sans peine que la portion de la sphère qui exerce une attraction effective sur l'atome A est de grandeur négligeable par rapport au volume total de la sphère.

Considérons maintenant les composantes de surattraction que fournissent les atomes symétriques B, C par rapport à A sous l'influence de la force F. Ces composantes étant toutes deux la projection d'un même segment sur une droite donnée, la droite qui passe par les points O et B, seront géométriquement identiques. Si celle de ces composantes qui est relative à l'atome B a la direction OB, celle qui est relative à l'atome C symétrique de B par rapport à O sera de direction contraire à OC. Ainsi donc, tandis que la première composante de surattraction s'ajoute à l'attraction de B sur A, la seconde composante diminue d'autant l'attraction de C sur A. Mais ces attractions, nous l'avons vu, sont de sens contraires. Par conséquent les deux surattractions s'ajoutent. Toutes les surattractions émanant des divers atomes de la sphère sont donc de même signe et par suite la totalité de la sphère concourra à produire, sous l'influence de la force F, la surattraction résultante de l'atome A.

D'après ce que nous venons de dire, tous les points matériels du volume de la sphère concourent à accroître l'intensité de la surattraction, et au contraire une partie du volume de cette sphère, négligeable par rapport

à la totalité de ce volume, concourt seule à déterminer la résultante d'attraction. Nous pouvons donc admettre avec vraisemblance que la valeur de celle-ci est négligeable par rapport à la valeur de celle-là. Il est donc bien exact d'affirmer que tout se passe comme si le mouvement était l'effet de la seule surattraction.

Remarquons d'ailleurs, que les résultantes d'attraction des divers atomes de l'univers observable, à raison des hypothèses faites, sont sensiblement égales et parallèles. Elles ne détermineraient donc qu'un mouvement d'ensemble en ligne droite dont nous n'aurions pas conscience. Donc, à ce titre encore, il serait négligeable.

Démontrons encore cette proposition : *A un angle près de valeur négligeable, la direction de la surattraction résultante est celle de la force F.*

Supposons pour un instant, que le point matériel A sollicité par la force F occupe le centre de la sphère. A raison de la position symétrique de F, les composantes de surattraction sont elles-mêmes symétriques deux à deux par rapport à cette force, et par suite elle aura évidemment la direction indiquée. Si l'on écarte donc légèrement A du centre de la sphère, la direction de la résultante de surattraction relative à A s'écartera de la direction de F d'un angle de valeur négligeable.

Nous pouvons enfin remarquer que l'intensité de la surattraction a une valeur indépendante de l'orientation de F.

Il n'en serait pas ainsi, si A occupait une position quelconque dans l'intérieur de la sphère. La composante de surattraction relative à un atome B est en effet fonction de l'angle que forme la direction de la force avec le segment qui relie les deux atomes. Un changement d'orientation de la force change donc la valeur des composantes et par suite, dans le cas général, la valeur de la résultante.

Or ici, il n'en va pas de la sorte, et pour le montrer, nous n'avons qu'à répéter le raisonnement de tout à l'heure. Si le point A était au centre de la sphère, l'orientation de la force serait sans influence sur l'intensité de la surattraction résultante. Or, s'il s'en écarte d'une quantité négligeable, l'intensité de la surattraction résultante ne saurait varier que d'une quantité négligeable. Notre affirmation est donc bien démontrée.

Il paraît inutile de chercher à prouver que l'influence de la force sera la même, quel que soit le point de l'univers observable où elle s'exercera. Cela tient à ce que les dimensions de cette région ont été supposées négligeables par rapport à celles de la sphère. Dès lors, les éléments qui sont fonction, toutes choses égales d'ailleurs, de la position du point sollicité au sein de la région, devront être considérés comme ayant même valeur quelle que soit cette position dans l'univers observable.

8. — *Parallélisme entre les deux Hypothèses*

Dans l'hypothèse de la loi d'inertie, une force sollicitant durant un temps infinitésimal un atome A, détermine un accroissement infinitésimal de vitesse réalisant les conditions suivantes :

1° L'accroissement de vitesse est confondu en direction avec la force.

2° L'intensité de cet accroissement est indépendante de l'orientation de la force et de la position de l'atome.

3° Elle est proportionnelle à l'intensité de la force.

Passons maintenant à notre hypothèse. Nous constatons immédiatement que les deux premières lois s'appliquent à la surattraction, quand on reste dans les limites de l'univers observable. La troisième loi sera également satisfaite, pourvu que l'on conserve les con-

ventions ordinaires relativement à la mesure des forces.

Énonçons maintenant une dernière loi, celle qui fait en quelque sorte le fond de l'hypothèse puisqu'elle a pour but d'écarter la notion d'une vitesse acquise, et formulons-la comme il suit : *Tout mobile sollicité par une surattraction de valeur et de direction constante, tend à se déplacer dans cette direction avec une vitesse proportionnelle à cette intensité.*

En vertu de cette loi et de celles qui précèdent, les accélérations produites par les surattractions seront celles-là même que produirait directement la force d'après la mécanique ordinaire. On voit donc, sans qu'il soit nécessaire d'insister davantage, que, dans les limites de l'univers observable, notre hypothèse explique tous les faits, comme les explique la mécanique de Newton.

A une vitesse acquise, tendant à se conserver indéfiniment, le parallélisme des hypothèses demanderait que nous opposions une surattraction se conservant indéfiniment. Au point de vue des faits à expliquer, il nous suffit de concevoir qu'elle s'épuise avec une extrême lenteur.

Du reste, les atomes se déplaçant au sein d'un milieu continu auront à vaincre une résistance. Cette résistance représentera une véritable force qui développera une surattraction tendant à neutraliser celles qui proviennent des autres forces.

9. — *Le Théorème de Coriolis*

Quand on considère le mouvement relatif d'un système mobile par rapport à un système invariable, lui-même en mouvement, la vitesse relative d'un point du premier système ne dépend que de la différence géomé-

trique de sa vitesse absolue et de sa vitesse d'entraînement. La même loi s'étend aux accélérations quand le mouvement d'entraînement se réduit à un mouvement de translation rectiligne et uniforme. Mais, dès que le mouvement d'entraînement est d'une autre nature cette loi ne s'applique plus. L'accélération absolue est alors la somme géométrique de l'accélération d'entraînement, de l'accélération relative et d'une troisième accélération que l'on considère comme l'effet d'une force appelée force centrifuge composée. Tel est l'objet du théorème de Coriolis.

M. Poincaré voit là une anomalie. D'après lui, la loi du mouvement relatif s'impose à l'esprit indépendamment de toute expérience, et il avoue ne guère comprendre la restriction qu'exige l'observation dans la théorie de la mécanique classique.

Or, cette anomalie que l'esprit soupçonne d'intuition, nous pouvons l'analyser comme il suit. La mécanique classique n'assigne aucune influence à la masse à laquelle est lié le système fixe, sur le mouvement relatif d'un système donné par rapport au système entraîné. Il semble donc que lorsqu'on aura complètement défini l'un par rapport à l'autre les deux systèmes mobiles, le mouvement relatif du second sera entièrement conditionné. On aura, comme s'expriment certains auteurs, dans la théorie de la conservation de l'énergie un système isolé. Dès lors, les équations intrinsèques de la trajectoire relative devront être indépendantes de tous les paramètres qui caractérisent le mouvement d'entraînement. Or, comme chacun le sait, c'est ce qui n'a pas lieu. L'intervention de la force de Coriolis modifie les équations de la trajectoire relative.

Notre hypothèse explique cette anomalie. Dans la mécanique ordinaire, nous l'avons dit, la masse par rapport à laquelle sont pris les axes fixes ne joue aucun rôle dans le mouvement relatif d'un système par rap-

port à un système entraîné. Il n'en va pas ainsi dans notre hypothèse. La force, en effet, qui sollicite un corps vers un autre n'agit pas directement entre ces deux corps. Elle agit par l'intermédiaire de la surattraction qu'elle détermine. Or, cette surattraction est liée à la masse qui a concouru avec la force, à la produire. On voit donc que les résultantes de surattraction, en vertu desquelles s'effectue le mouvement du système variable par rapport au système entraîné, dépendent d'un élément extérieur à l'ensemble de ces deux systèmes. Dès lors, le mouvement relatif n'est plus conditionné par les seuls éléments de forme, de position et de vitesse des deux systèmes l'un par rapport à l'autre. Il y a donc bien place pour l'intervention d'un élément étranger, et cet élément est précisément l'accélération de Coriolis.

10. — La Surattraction et la Physique actuelle

Comme on s'en sera rendu compte, l'idée fondamentale de notre hypothèse repose sur cette conception *d'une énergie déterminant, non pas l'accélération de la vitesse, mais la vitesse elle-même; en sorte qu'à chaque instant du mouvement la vitesse est proportionnelle à l'intensité de l'énergie.*

Il y a lieu de se demander jusqu'à quel point l'opinion des savants autorise une pareille conception.

L'opinion de M. Poincaré nous est favorable, puisque dans sa critique du principe d'inertie, il se demande pourquoi on n'assigne pas comme objet de l'énergie déterminant le mouvement, le déplacement lui-même plutôt que la modification de la vitesse. Mais l'opinion du savant paraît fondée sur des considérations de l'ordre métaphysique plutôt que sur l'observation. Aussi en appellerons-nous à l'autorité d'un autre homme

de science, M. Languevin, qui, dans un travail plusieurs fois cité sur la physique des électrons, présente des conclusions tirées de l'expérience où il se montre des plus favorables à notre thèse. Nous allons résumer brièvement ses résultats et montrer ce qu'ils ont de conforme aux nôtres.

M. Languevin établit l'analogie frappante que révèlent les récentes découvertes entre la nature de la matière et celle de l'électricité. Celle-ci, aux yeux du physicien moderne, ne serait plus constituée par des ondulations se propageant au sein de l'éther, mais, comme le montrent les rayons cathodiques, elle représenterait un élément à forme granulaire, possédant la plupart des propriétés de la matière.

La charge électrique, l'électron, tout comme la particule de matière, représenterait une quantité invariable, du moins tant qu'elle ne serait pas en contact avec celle-ci. Tandis que la particule de matière se décompose en atomes matériels, l'électron se décomposerait en atomes électriques. Ces deux sortes d'atomes se déplaceraient à travers l'éther, et posséderaient chacune leur inertie propre. A la particule de matière, son énergie gravifique; à l'électron, son énergie électromagnétique. A ces deux sortes d'inertie correspondent deux masses, la masse gravifique et la masse électromagnétique. L'auteur fait remarquer que la masse électromagnétique invariable en valeur absolue est pourtant susceptible de changer de signe.

L'éther est considéré comme un champ électromagnétique de divergence nulle en toute région vide de matière. C'est en présence de celle-ci que se forment des variations de ce champ.

Notons tout de suite une anomalie dont notre hypothèse donnerait peut-être la clef. Que peut bien signifier cette masse négative dont parle M. Languevin? Nul objet ne se manifeste à nos sens que par son action

extérieure. Quelle que soit notre opinion sur la nature des masses gravifiques, électromagnétiques ou autres, nous ne les apprécions que par les énergies qui en dérivent et c'est dans la nature de ces énergies qu'il faut chercher pourquoi les masses gravifiques seraient toujours de même signe tandis qu'il en irait différemment des masses électromagnétiques. Imaginons que la masse gravifique d'un corps soit mesurée par cette énergie que nous avons appelée attraction. Celle-ci étant évaluée à partir de 0 sera positive. Supposons maintenant que la charge électrique d'un corps soit cette surattraction déterminée par l'influence d'une force. Selon que cette force agira sur la particule matérielle dans un sens ou dans le sens contraire, elle augmentera ou diminuera l'attraction d'une valeur donnée. La surattraction et, par conséquent, la masse électromagnétique qu'elle mesure sera positive ou négative. Du reste, nous nous gardons bien d'affirmer l'identité de la charge électrique et de la surattraction, telle que nous l'avons définie. Nous nous bornons à remarquer entre ces deux éléments une analogie qui permet de concevoir la notion d'une masse négative.

Après avoir considéré l'électron dans sa constitution, l'auteur l'étudie au point de vue dynamique. Nous avons déjà exposé en partie cette théorie à la fin du premier chapitre. Nous ne craignons pas d'y revenir. A l'instant où l'électron se met en mouvement, il se produit un champ magnétique qui suppose une véritable dépense d'énergie; *et ce champ magnétique constitue autour de l'électron en mouvement un sillage qui l'accompagne à travers l'éther, sans modification aucune tant que la vitesse reste constante.* Il est d'ailleurs nécessaire qu'une action extérieure intervienne pour modifier l'énergie du sillage et, par conséquent, pour augmenter ou diminuer la vitesse. Ceci implique, dit M. Languevin, en l'absence même de toute autre inertie

que celle d'origine électromagnétique due à la production du sillage, la loi fondamentale de Galilée, sur la conservation de la vitesse acquise en l'absence de toute action, de tout champ de force extérieur. C'est ici l'éther immobile, le milieu électromagnétique qui sert de support fixe aux axes par rapport auxquels le principe de l'inertie est applicable et dont la mécanique ordinaire se borne à affirmer l'existence en disant : il existe un système d'axes déterminés, à une translation uniforme près, par rapport auquel le système de Galilée se vérifie exactement... Sans aucune autre hypothèse que celle de sa charge électrique, l'électron se trouve posséder l'inertie définie comme capacité d'énergie cinématique, avec une loi particulière de variété de celle-ci en fonction de la vitesse.

Il est facile maintenant de faire le parallélisme de la mécanique de l'électron exposée par M. Languevin et de la mécanique de la particule matérielle telle que nous la concevons.

Dans la théorie de M. Languevin, une quantité déterminée d'énergie sollicite l'électron durant un temps donné. Sous cette influence, un champ magnétique se forme dont on peut apprécier la valeur par un sillage que l'on constate autour de l'électron. Ce sillage gardera sa valeur jusqu'à ce qu'une nouvelle quantité d'énergie vienne la modifier. D'ailleurs, à un sillage de valeur donnée correspond une vitesse constante de l'électron.

Dans notre hypothèse, une force agissant durant un temps donné détermine, elle aussi, *un champ*. Nous dirions un champ de force, si, à raison du rôle nouveau que nous lui avons assigné, ce mot ne prêtait pas à l'équivoque. Car, nous l'avons dit, la particule de matière sera sollicitée, par une résultante de surattraction déterminée par cette énergie, et cette résultante étant fonction de la position de la particule, celle-ci se déplacera bien dans un véritable champ. Ce champ

dépendant de la valeur de la surattraction restera le même tant qu'aucune autre force n'interviendra, et tant qu'il ne variera pas, la vitesse de la particule restera constante. Les composantes de la résultante de surattraction qui exercent une influence prépondérante sur la valeur de celle-ci et, par conséquent, caractérisent le champ, étant celles qui proviennent des atomes avoisinant la particule, on pourra, ici aussi, concevoir un sillage qui mesurera l'intensité du champ. Enfin, une nouvelle dépense d'énergie venant à se produire, la résultante de surattraction sera modifiée, avec elle le champ, et avec le champ, la vitesse.

La théorie de Képler, celle de M. Languevin et la nôtre ont cela de commun, que sous l'influence d'une force cessant d'agir à un moment donné, s'est développée une qualité, la force vive, qui conserve une valeur constante. Dans la première théorie, c'est à cette quantité, seul effet persistant de la force, qu'il faut nécessairement attribuer le mouvement. Il faudrait alors, comme nous l'avons dit, attribuer le déplacement d'un mobile à une énergie interne n'ayant aucun point d'application en dehors de ce mobile. Notons une autre difficulté. Nous nous sommes fait une habitude de concevoir la vitesse ou encore une quantité fonction de la vitesse, comme une qualité du mobile l'affectant à un instant donné. Mais c'est là une pure fiction. Par sa nature la vitesse implique une succession, et considérer un mobile de vitesse donnée, c'est considérer par la pensée une série indéfinie de positions successives du même mobile. Dans chacune de ces positions il ne possède aucune qualité qu'on puisse considérer comme fonction de la vitesse. Il ne possède donc rien en lui, à un instant donné, qui conditionne le mouvement à l'instant suivant, et qu'on puisse considérer comme une énergie expliquant ce mouvement.

Dans les deux autres hypothèses, la force d'inertie n'est qu'une conséquence du déplacement du mobile, et n'explique pas le mouvement. Il est expliqué par la présence dans le mobile, dans le milieu qu'il parcourt et dans toute la masse de la sphère d'une énergie subsistant après la disparition de celle qui l'a déterminée. Cette énergie est une modification, nous pourrions dire une nouvelle manière d'être du milieu. En dernière analyse, c'est une rupture d'équilibre qui, en tendant à se rétablir, détermine le mouvement. Mais nous ne pouvons ici développer ce dernier point de vue.

On pourrait objecter que nous invoquons à tort l'opinion de M. Languevin, puisque ce savant étudie le mouvement de l'électron, tandis que nous étudions le mouvement de la particule de matière. Nous répondrons en citant des paroles de l'auteur lui-même. Enclin à penser que sa théorie s'étend à la particule de matière, il s'exprime ainsi : « Il est bien séduisant d'admettre le même résultat pour la matière tout entière...; il répugne, en effet, de faire intervenir pour deux phénomènes aussi identiques que l'inertie de la matière et celle des corpuscules cathodiques deux explications complètement distinctes, dont l'une, l'explication électromagnétique, est précise et confirmée par l'expérience, tandis que l'autre resterait inconnue. »

Du reste, rappelons que nous prenons le mot matière dans son acception la plus large. Pour nous, une particule de matière ne veut dire autre chose qu'une particule douée de la propriété de l'étendue.

11. — La Gravitation universelle

Revenons à la masse sensiblement sphérique que nous avons considérée au début. Nous avons vu comment, sous l'influence des points de densité maximum,

des masses se condensent autour de ces points au sein d'un milieu de très faible densité. Imaginons deux de ces masses relativement voisines. Examinons quelle sera l'action de A, par exemple, sur B. A sollicite B de deux manières : directement d'abord par l'attraction mutuelle des deux masses l'une sur l'autre. Mais en outre, comme nous l'avons dit, cette attraction de A sur B peut être considérée comme une force prise au sens usuel de l'expression. Dès lors, dans notre hypothèse, elle déterminera une surattraction résultante qui sollicitera B. Or, l'intervention de l'attraction qu'exerce A sur B peut être considérée comme négligeable par rapport à l'intensité de la résultante de surattraction qu'elle exerce sur cette même masse. En effet, l'intensité de l'attraction est indépendante des dimensions de la masse de la sphère. La résultante de surattraction, au contraire, étant formée de composantes émanant de tous les atomes de la masse sphérique, a une intensité qui dépend de la totalité du volume de la sphère. La masse A, d'où émane l'attraction ayant avec la masse de la sphère un rapport qu'on peut imaginer aussi petit qu'on voudra, on peut admettre vraisemblablement que l'intensité de l'attraction est négligeable par rapport à celle de la surattraction. C'est donc elle seule que nous considérons, *et quand nous voudrons calculer le mouvement d'un astre, sous l'influence d'un autre astre suffisamment voisin, nous considérerons exclusivement la résultante de surattraction déterminée dans le second astre, par la force que représente l'attraction du premier sur le second.*

Il nous resterait à faire une hypothèse sur la valeur de cette attraction. Nous n'avons aucun motif de modifier la loi de Newton, et nous supposerons que les deux astres s'attirent en raison inverse du carré de la distance. Dans notre pensée, toutefois, cette loi ne représente qu'une première approximation.

Nous avons ainsi défini le problème de la gravitation. Il nous resterait à le résoudre, ce que nous nous garderons d'entreprendre.

Plaçons d'abord les deux astres dans la région que nous avons définie plus haut, et demandons-nous quel y sera leur mouvement. Nous avons vu que dans cette région une force donnée, qu'on la conçoive comme agissant directement selon la théorie de la mécanique de Newton, ou agissant par l'intermédiaire de la surattraction résultante selon notre hypothèse, produira sensiblement les mêmes mouvements. Donc, dans cette région, les lois de Képler et tous les phénomènes astronomiques seront sensiblement les mêmes dans les deux théories.

Supposons maintenant les deux astres situés dans une région, qui par ses dimensions dépasse les limites que nous avons assignées à la précédente : alors, pour une même force la direction et l'intensité de la résultante de surattraction varieront avec la question du mobile et une trajectoire qui aurait été une ellipse, dans une région où la surattraction n'aurait pas varié, deviendra une spirale à raison de cette variation. *D'une façon générale un astre gravitant autour d'un centre d'attraction décrira une spirale.*

Tous ces résultats paraissent conformes aux idées des savants modernes. Nous l'avons vu, ils répugnent de plus en plus à croire aux mouvements réversibles. Toutes les forces qu'ils étudient, en dehors de l'attraction newtonienne, leur apparaissent comme irréversibles. Ils ont été amenés par là à soupçonner que la gravitation était de même nature, et que le mouvement produit par cette force, tel qu'il résulte de la loi de Newton, n'était que la première approximation d'une loi plus générale définissant un mouvement irréversible. C'est en particulier l'opinion de M. Crémieu, et notre hypothèse confirme pleinement cette manière de voir.

Dès longtemps, Lord Rosse avait signalé l'existence de nébuleuses en spirale. Mais aujourd'hui ce ne sont plus seulement quelques nébuleuses qui se révèlent sous cet aspect; on considère la forme en spirale comme celle de presque toutes les nébuleuses. S'ensuit-il nécessairement que les astres qui pourraient en sortir par voie de condensation décriraient des spirales? Nous n'oserions l'affirmer. Il y a pourtant bien des probabilités pour qu'il en soit ainsi.

Quoi qu'il en soit, les astronomes admettent aujourd'hui que les trajectoires des astres gravitant autour d'un centre d'attraction sont bien des spirales et ne nous apparaissent sous forme d'ellipse, qu'à raison des dimensions relativement faibles de leurs orbites.

Sur ce point encore notre hypothèse est d'accord avec la science moderne.

12. — L'Opinion des philosophes anciens

La physique et la métaphysique semblent donc d'accord pour affirmer qu'il ne peut y avoir de mouvement sans la présence d'une énergie qui accompagne le mobile durant tout le cours de son déplacement. Nous avons appuyé cette affirmation de l'autorité de nombreux savants modernes.

Il y aurait intérêt à rapprocher des vues de ces hommes au courant des nouvelles découvertes, l'opinion des philosophes parlant à une époque où ils ne pouvaient se guider par les données de l'expérience.

Cette ignorance des faits les a jetés sans doute dans de très nombreuses erreurs. Il est pourtant curieux d'examiner leur opinion sur la question du principe d'inertie.

Ce phénomène d'un corps sollicité par une force et continuant à se déplacer quand la force a cessé d'agir,

ils l'ont discuté longtemps sous le titre de mouvement des *projectiles*. Ils ont parfaitement compris tout ce que ce phénomène avait d'intéressant et d'épineux. Or, ce qu'il y a de curieux, c'est que les représentants les plus autorisés de ces philosophes, Aristote et saint Thomas d'Aquin ont formulé au sujet de ce problème les deux principales critiques que formule M. Poincaré. Selon lui deux principes dominent la théorie du mouvement : il n'y a pas d'espace absolu ; l'objet formel de la force est la variation de position et non la variation de vitesse du mobile. Ce sont précisément ces deux affirmations que font intervenir Aristote et son disciple dans l'étude des *projectiles*. Ce dernier, en particulier, soutient cette affirmation : *mundus non est in loco*. Chaque corps en particulier a un lieu assigné dans l'univers, mais l'univers a été créé avec l'espace qu'occupent ses parties. Au delà de lui on ne saurait concevoir aucun espace.

Enfin le même auteur affirme en maints endroits, que tout mobile exige un moteur distinct de lui-même, et en contact permanent avec lui, soit immédiatement, soit par intermédiaire. Cela ne revient-il pas à dire que la force motrice accompagne le mobile, et a pour effet spécifique la variation de position ?

Il est donc bien vrai de dire que nous avons pour nous l'autorité de philosophes anciens et celle de savants modernes, les uns et les autres également éminents.

M. DE MONTCHEUIL.

Note de la Rédaction. — A propos de cet article *Le Principe d'Inertie*, nous signalons, à nos lecteurs, les discussions sur les principes de la Mécanique publiées dans les tomes XVI à XXV (1892-1902) des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES ; et nous rappelons que la Rédaction laisse aux auteurs, en pareille matière, la responsabilité de leurs opinions scientifiques, métaphysiques et historiques.

L'ÉLIMINATION DARWINIENNE

DANS LA RÉPRESSION

On connaît l'incident qui tout récemment vient de rouvrir, d'une manière assez inattendue, la passionnante question de la peine de mort : la Chambre des députés de France a, par voie de suppression budgétaire, virtuellement aboli les exécutions capitales. Le crédit a été, il est vrai, rétabli provisoirement peu de temps après, mais cette mesure, toute transitoire, n'en laisse pas moins la question entière. Partisans et abolitionnistes ont, à cette occasion, entrechoqué à nouveau leurs arguments dans les assemblées et revues compétentes et, comme on devait s'y attendre, les théories de l'école d'anthropologie criminelle ont été remises à l'ordre du jour et invoquées par certains adversaires de l'abolition.

Partisan convaincu nous-même du maintien de la peine capitale, nous nous sommes proposé d'examiner le bien-fondé de la thèse contenue dans cette partie spéciale des doctrines nouvelles qui a trait à la répression de la haute criminalité, et dans ce but nous essaierons de faire, dans la présente étude, l'exposé critique des théories de l'école italienne en matière de peine de mort, ou, pour dire plus exactement, d' « élimination absolue ».

En effet, nous élargissons ainsi un peu le point de vue sans sortir de l'actualité, car tout ce que nous dirons

d'une manière générale sur l'élimination, s'applique *a fortiori* à la peine de mort qui en est la forme la plus parfaite. En traitant la question sous cet angle plus large nous avons en vue de ne pas nous borner à la critique de certains adeptes de l'Ecole, mais de les englober tous dans le même exposé. Et en effet, pour ne parler que des trois grands chefs qui l'ont illustrée, Lombroso, Ferri et Garofalo, ils ont chacun des tendances différentes en ce qui concerne l'application de la peine de mort, mais ils s'entendent tous sur les prémisses et sur la conclusion primordiale à laquelle ils aboutissent et qui est l'élimination absolue des criminels; seulement, pour les uns celle-ci s'obtiendra par la mort uniquement, pour d'autres le but sera atteint aussi bien par la déportation avec abandon, pour d'autres enfin l'emprisonnement à perpétuité, sans aucune espèce de libération possible, sera suffisant pour arriver au même résultat. On le voit, la théorie est identique et ses partisans diffèrent seulement entre eux par une question d'application pratique.

C'est pourquoi, afin de donner à notre étude plus d'unité et moins de développement, nous nous bornerons à suivre le même auteur : il nous suffira d'avoir étudié celui-ci pour pouvoir appliquer nos conclusions, sur ce point spécial, à l'ensemble de l'École. Nous avons choisi de préférence Garofalo, parce que c'est lui qui s'est placé dans ses ouvrages à un point de vue plus spécialement juridique, tandis que Ferri et Lombroso ont envisagé surtout le côté respectivement sociologique et anthropologique. Nous ajoutons que Garofalo étant un partisan décidé de la peine de mort, sa manière de voir est de nature à éclairer d'un jour plus caractéristique l'ensemble de la présente étude.

I

Exposé du système de Garofalo

En tête du Chapitre que Garofalo consacre dans sa *Criminologie* (1) à l'un des chapitres sur la Répression, il inscrit comme épigraphe ces paroles de Darwin :

« J'ai donné le nom de sélection naturelle ou de persistance du plus apte à la conservation des différences et des variations individuelles favorables et à l'élimination des variations nuisibles. » (*Origine des Espèces*, ch. IV.)

L'auteur ne pouvait en vérité choisir meilleur entête, car sa théorie, comme celle de toute l'École italienne, qui consiste à « appliquer à la criminalité les lois naturelles de l'adaptation et de la sélection », est tout entière imprégnée de ces idées.

Avant toutefois de passer à l'examen de la répression — qui concerne tout spécialement cette étude — nous jugeons indispensable d'exposer d'abord brièvement les idées générales de notre auteur sur le Crime et sur le Criminel. Ce n'est qu'après avoir donné une notion exacte de ces deux éléments, qui sont la cause et le sujet même de la répression, que nous pourrons faire comprendre aisément la raison d'être et la nature de celle-ci.

I. **Le Crime.** — Si l'École anthropologique, nous apprend Garofalo, n'a jusqu'ici guère eu de succès quant aux applications pratiques dans la législation, c'est parce que les études des anthropologues se sont concentrées exclusivement sur le criminel, en laissant

(1) Baron R. Garofalo, *Criminologie*, 5e édit., entièrement refondue et augmentée. Paris, Alcan, 1905.

aux juristes le soin de donner la notion du crime. Seulement ces derniers lui ont donné un caractère juridique, c'est-à-dire un caractère tout à fait artificiel, puisqu'il dépend du bon plaisir d'un législateur. Or le crime est un phénomène naturel, dont la notion doit pouvoir être saisie par tous les membres de la Société, qu'ils connaissent ou non la loi.

Dès lors, la notion du crime doit être *sociologique*.

Cela étant, voici comment on peut définir celui-ci en rapprochant divers passages de l'auteur : Le Crime ou « *Délit naturel* », est l'*offense faite au sens moral moyen de l'humanité civilisée* (pp. 10, 36 et 218 CBN) (1).

Le mot *naturel* signifie ici : « ce qui n'est pas conventionnel, c'est-à-dire ce qui existe dans une société humaine indépendamment des circonstances et des exigences d'une époque donnée ou des idées particulières d'un législateur » (p. 3). Le *sens moral* veut dire « les sentiments moraux qu'on peut dire définitivement acquis à la partie civilisée » du genre humain (p. 9) ; or « les seuls qui de nos jours ont de l'importance pour la moralité sociale sont les sentiments altruistes » (p. 20) : ceux-ci en comptent deux fondamentaux : la *pitié* et la *probité*.

Le sens moral qu'il faut seulement considérer est le sens moral *moyen*, parce qu'il y a toujours des individus moralement inférieurs ou supérieurs au milieu social.

Il faut ajouter : dans l'humanité *civilisée*, parce que l'altruisme « n'est universel que dans les races supérieures de l'humanité » (p. 26) ; il faut donc « laisser de côté l'homme préhistorique dont on ne peut rien savoir... et les tribus sauvages dégénérées, parce qu'on peut les considérer comme des anomalies de l'espèce humaine » (p. 9).

(1) Sauf indication contraire, tous les numéros des pages mis entre parenthèses renvoient à la *Criminologie* (édit. citée).

On doit en conclure que « l'élément d'immoralité nécessaire pour qu'un acte nuisible soit considéré comme criminel par l'opinion publique, c'est la lésion de la pitié (...ou de la probité) » dans une proportion dépassant la mesure « indispensable pour l'adaptation de l'individu à la Société » (p. 36). « Bref, ce qui n'est que la violation d'un droit... ne saurait plus être considéré comme un crime » (p. 40).

Dans le courant de notre étude, nous aurons l'occasion de revenir sur ces notions et de les détailler davantage, car nous ne voulons faire ici qu'un rapide exposé.

II. **Le Criminel.** — L'auteur parle en de nombreux endroits de son livre, et en sens parfois très divers, du Criminel et de son anomalie. Voici, exposées de la manière la plus nette possible, les conclusions auxquelles nous avons abouti en nous fondant sur les textes mêmes de l'ouvrage.

Les hommes se divisent en deux classes : les normaux et les anormaux (pp. 103 et 67 CBN). Tous les criminels sont anormaux ; on ne trouve pas de normaux parmi eux et ils ne peuvent le devenir : « on ne peut les classer que d'après le degré plus ou moins grand de leur anomalie » (p. 103).

Réciproquement, parmi les hommes normaux on ne peut trouver de criminels, et ils ne peuvent pas le devenir : « le délinquant fortuit n'existe pas, si par ce mot l'on veut dire qu'un homme moralement bien organisé peut commettre un crime... » (p. 162) (1).

(1) L'auteur ajoute à cette phrase : « ... par la seule force des circonstances extérieures ». Nous avons supprimé ces derniers mots, parce qu'ils nous paraissent un non-sens sous sa plume : en effet, s'il arrive à commettre un crime par d'autres forces, c'est-à-dire par les forces intérieures (développement de ses penchants criminels innés, comme nous le verrons plus loin), ce crime prouvera quoi ? son anomalie psychique, sa monstrnosité morale, son « absence de sens moral ». Mais dès lors il n'est et n'a jamais pu être un homme « moralement bien organisé » et nous sommes en droit de conclure

Mais si tous les criminels sont anormaux, tous les anormaux ne deviennent pas nécessairement criminels : ils peuvent, en effet, rester toujours des « criminels latents », ce qui arrivera si un ensemble de circonstances favorables l'emporte sur le nombre de circonstances défavorables : « la manifestation du penchant criminel peut être réprimée par l'heureux concours d'innombrables circonstances extérieures » (p. 103), par exemple par la « frayeur de la guillotine, la crainte de perdre des avantages plus grands que ceux qu'on gagnerait par le crime, le fait que le moment ne s'est pas présenté pour que le crime fût utile », etc.

Le contraire se produira si ce sont les circonstances défavorables qui l'emportent : « préjugés, exemples, climat, boissons excitantes, milieu surtout qui dans les classes misérables forme le bouillon où le microbe (de la criminalité) peut se développer » et se développe certainement le plus à l'aise.

Cela étant, il faut admettre que l'homme est « entraîné au mal par la spécialité de l'organisation individuelle », c'est-à-dire par « la fatalité d'une volonté esclave des penchants ou des instincts » (p. 103), et réciproquement « l'homme est bon non pas par réflexion, mais par instinct » (p. 291).

Mais d'où proviennent ces instincts anormaux, quelle est exactement leur origine ?

Quoiqu'étant très catégorique dans ses affirmations à ce sujet, l'auteur en parle d'une façon si différente en divers passages de son ouvrage, que nous sommes bien obligés de faire à cette question plusieurs réponses.

Les instincts criminels existent tout d'abord en vertu

à ce que l'auteur a certainement voulu dire : C'est qu'un homme normal ne pouvait commettre de crime. — Nous en avons d'ailleurs la confirmation dans ces paroles formelles de Garofalo : « Non seulement un homme moralement normal ne peut devenir meurtrier, mais il ne peut pas devenir non plus incendiaire, faussaire, escroc ou voleur. » (Garofalo, *Réponse à M. Dragu, à propos de son ouvrage « L'infraction phénomène social »*) (p. 52).

de la loi de l'hérédité : « la nature... héréditaire des penchants criminels étant établie... » (p. 101), et plus loin (p. 102) : « il existe toujours dans les instincts du vrai criminel, un élément particulier... héréditaire... devenu inséparable de son organisme psychique ». Et, après nous avoir fait passer sous les yeux quelques exemples généalogiques de familles criminelles, Garofalo conclut que « la nature héréditaire » de ces penchants est incontestable et que « tout nous dit que l'hérédité psychologique n'est qu'un cas de l'hérédité physiologique » (p. 275). Or, si cela est vrai en général, c'est « encore plus évident pour les criminels : l'hérédité psychologique et l'hérédité physiologique sont démontrées d'une manière irrécusable » (p. 276).

Toutefois, nous désirons mettre en regard de cette déclaration, la reconnaissance du principe suivant que nous avons trouvé dans un autre chapitre : « La science moderne... nous apprend qu'un caractère moral très marqué, dans le bien comme dans le mal, ne persiste pas dans une famille au delà de la 5e génération, et c'est même ce qui peut expliquer en partie la déchéance de toutes les aristocraties » (p. 101), principe formulé par Ribot (1). Ce qui nous force donc à conclure que cette loi de l'hérédité est limitée.

Elle est même extrêmement relative.

En effet, nous trouvons la phrase suivante : « l'élément particulier » (dans les instincts criminels) est « congénital ou héréditaire ou acquis dès l'enfance » (p. 102) — ce qui est une nuance des plus importantes, car si tout ce qui est héréditaire est congénital, tout ce qui est congénital n'est pas nécessairement héréditaire, et l'auteur le reconnaît d'ailleurs explicitement quand il écrit : « Il y a pourtant des monstruosités qu'on ne saurait attribuer à des parents ou à des ancêtres. Où la nature peut-elle bien les emprunter ? » (p. 119).

(1) Ribot, *L'Hérédité psychologique*. Paris, 1882.

Il y a plus; il ajoute même : « ou acquis dès l'enfance », ce qui implique que, dans certains cas, le crime n'est même pas congénital! Enfin, nous trouvons une conclusion de nature vraiment déconcertante : en tête du chapitre traitant de la question qui nous occupe, Garofalo écrit : « L'anomalie du criminel ainsi établie, de quelle manière peut-on expliquer ce phénomène? On ne peut pas l'attribuer toujours à l'hérédité directe; faut-il donc y voir un cas d'atavisme ou un cas de dégénération? » et, après avoir réfuté successivement ces deux hypothèses, il termine par ces mots : « Il vaut mieux avouer humblement que le mystère entoure ce phénomène, ainsi que bien d'autres » — et il « renonce à en donner l'explication » (p. 120)!

Ce n'est pas le moment de le critiquer ici; nous poursuivons donc l'exposé de son système.

III. **La Répression.** — 1° *Aperçu théorique.* — Nous l'avons vu, l'auteur veut voir appliquer à la répression la loi naturelle de l'adaptation et de la sélection. Aussi il commence par prendre comme point de départ le principe suivant : « Un organisme quelconque réagit contre toute violation des lois qui en régissent le fonctionnement naturel » (p. 238). Et cet axiome, d'ordre purement physiologique, il l'applique immédiatement à toutes les associations, afin de lui permettre, dit-il, par cette analogie de « déterminer la manière dont l'État, représentant de la Société, devrait réagir contre le crime d'après les lois naturelles » (*ibid.*).

Rappelons-nous que le crime est une offense faite aux sentiments de pitié des hommes composant l'humanité civilisée. Mais en dehors de ces sentiments, Garofalo en reconnaît un grand nombre appartenant en propre à une certaine agrégation d'individus seulement et « répondant aux règles d'une morale élevée, plus relative, ou simplement à celles du cérémonial ou de la

bonne éducation ». Dès lors, si un homme, par la violation des règles de conduite qui sont considérées comme essentielles dans un certain agrégat, encourt la réprobation de la classe, ordre ou association formant cet agrégat, la réaction se manifestera par l'expulsion de cet individu hors du dit agrégat : la famille, le club, l'administration rejettera de son sein l'hôte, le membre ou le fonctionnaire « qui a offensé la morale relative de l'agrégation, c'est-à-dire le sentiment qui, chez les associés, est ou doit être supposé commun » (p. 239), et cela parce que son « adaptation aux conditions du milieu s'est manifestée incomplète ou impossible ».

Or, pour que cette manifestation d'inadaptation soit complète « un fait unique suffit souvent ». En effet, « les circonstances particulières où l'individu s'est trouvé sont la pierre de touche pour juger de son caractère ». Sans doute, il pourrait se faire une deuxième fois dans un cas semblable, que le même individu se soumît à la règle, mais « à quoi lui servira cette possibilité s'il a perdu la confiance qu'on avait en lui par la présomption d'une bonne éducation qui l'accompagnait quand on n'avait aucun motif d'en douter? » (p. 240).

Revenant alors à la Société et poursuivant le raisonnement par analogie qu'il avait annoncé, Garofalo conclut : « Si à la place d'une offense faite aux sentiments d'un petit nombre, nous mettons une de ces offenses qui choquent le sens moral moyen de la Société tout entière, la réaction ne peut logiquement avoir lieu que d'une manière analogue, c'est-à-dire par l'exclusion du cercle social. » En effet, le crime viole une des conditions essentielles de l'existence de la Société et, dès lors, réagissant comme tout organisme, « la Société entière rejettera loin d'elle le délinquant qui, par une seule action, a montré son défaut d'adaptation » (p. 240). « Par ce moyen, le pouvoir social produira artificiellement une sélection analogue à celle qui se produit dans

l'ordre biologique par la mort des individus non assimilables aux conditions particulières du milieu. » L'État n'a donc qu'à « imiter la Nature » (*ibid.*) et la réaction sociale se fera par élimination.

Toutefois cette élimination absolue ne s'applique pas à tous les délinquants, car il faut distinguer des « classes de criminels d'après leur caractère psychologique, afin de déterminer les cas dans lesquels l'adaptation est possible et ceux dans lesquels il faut renoncer à tout espoir d'adaptation et où la Société n'a qu'à se défaire des éléments nuisibles » (p. 250).

Par conséquent, ce moyen extrême ne s'applique qu'à un petit nombre de criminels : « ceux qui sont tout à fait dénués de ce sentiment de pitié organique et congénitale chez l'homme normal des races supérieures de l'humanité » (p. 243).

Quant aux criminels des deux autres classes, ceux qui sont caractérisés par une mesure insuffisante du sentiment de pitié et ceux qui sont seulement dénués de probité, ils ne portent qu'en partie atteinte au sens moral. Aussi, appliquée à ces catégories-ci, la peine de mort ferait plus de mal que de bien, car l'histoire a démontré depuis Dracon que les lois trop sévères « blessaient la conscience publique encore plus que les méfaits ». On ne peut donc employer, pour les deux classes inférieures de criminels, que des moyens d'élimination relative.

Cette dernière, comme l'expression même l'indique, ne pouvant jamais aller jusqu'à la privation de la vie, ni jusqu'à la prison à perpétuité, n'aboutissant en un mot à aucune peine irrévocable, n'est pas en réalité une élimination : c'est afin de conserver une apparence d'unité dans son système que l'auteur se sert de cette étiquette pour désigner des peines temporaires, mais une *élimination relative* nous paraît un paradoxe dont il chercherait d'ailleurs en vain un exemple dans la

Nature dont il s'inspire. Aussi nous tenons à dire en passant que nous ne nous occuperons que de l'élimination proprement dite, c'est-à-dire *absolue*.

Ce moyen radical d'amputation sociale se justifie par le caractère nécessaire de la Société : « l'homme est par sa nature un être sociable, il fait partie de la Société sans avoir contracté avec elle aucun engagement, il se trouve au milieu d'elle parce qu'il ne peut se trouver ailleurs, et, quoi qu'il fasse, il y a nécessité qu'il y reste. Dès lors, l'absence des qualités essentielles pour l'existence de l'agrégation change la nécessité de vie sociale en nécessité opposée, celle de la rupture de tout lien avec l'individu inassimilable. L'individu n'étant qu'une cellule du corps social, lorsqu'il est nuisible à ce corps il ne peut pas prétendre continuer à en faire partie » (p. 244). Mais la nécessité de l'en exclure n'existe — nous l'avons vu plus haut en d'autres termes — que lorsque le délinquant a fait preuve d'une « anomalie psychique permanente qui le rend pour toujours insusceptible de la vie sociale » (p. 245).

L'auteur s'efforce ensuite de démontrer que ses idées sur la réaction sociale contre le crime « se trouvent au fond dans la conscience de chaque peuple civilisé » (p. 252.)

Apparemment, il est vrai, dit-il, le but est la vengeance sociale, c'est-à-dire le désir de faire souffrir au criminel un mal égal à celui dont il est l'auteur, mais on s'aperçoit facilement que ce que la Société désire réellement c'est exclure de son sein le criminel et non le châtier.

Car à l'origine, la peine n'était qu'une vengeance individuelle : la loi du talion le prouve. Or, de nos jours, en appliquant la théorie de l'*Expiation* on adoucit la peine en apparence, mais au fond c'est toujours cette même vengeance qui en est le vrai fondement. En effet, on a cru que le mal pouvait être réparé dans le cœur même du délinquant par le remords, douleur qu'on fait

éclore par le châtiment; seulement, cette théorie est fausse parce que, pratiquement, affirme-t-il, « le repentir est nul chez le criminel » et on ne peut le faire naître par une douleur physique. C'est perdre de vue que le délit ne peut être commis que par un homme anormal, chez qui le devoir n'a pu être assez fort pour empêcher la passion; de plus, jamais une douleur produite à autrui ne pourrait être neutralisée par une autre douleur, surtout si le délinquant s'y soumet de lui-même.

Au contraire, avec le système de l'élimination, plus de supplices inutiles, si bien que si on trouve autre chose que la peine de mort (pour l'élimination absolue), « il faut s'empresser de suivre ce moyen » (p. 256), car « le sens moral violé ne peut supporter que cet homme continue à jouir des avantages de la vie sociale », mais nul ne désire lui voir infliger un mal, un châtiment, une peine proprement dite. Maintenant il se fait que l'on n'arrive à l'élimination que par un mal, mais cette douleur est tout à fait contingente; la preuve, c'est que la loi ne change rien à la peine lorsque le désir même de cette peine a été le mobile du crime : or, bien que ce châtiment, en réalité, n'en soit pas un pour le coupable, on le lui infligera tout de même et la Société sera satisfaite.

La souffrance n'est donc pas le but exigé par le sentiment populaire, mais uniquement l'élimination.

Il suit de là que la peine n'est pas la « mesure d'une quantité de mal qu'il faut infliger au criminel », mais la « détermination d'un genre de frein adapté à la spécialité de sa nature » (p. 328).

Pourtant « il importe de remarquer que (tout ceci) n'est pas directement le produit d'un raisonnement concluant à l'utilité sociale de l'élimination en tant que celle-ci préserve d'un délit futur » : « cette idée de prévention et d'intimidation renforce seulement le sentiment précédent » (ayant pour but l'élimination); car la

conscience publique exige la réaction contre le crime alors même qu'elle n'est pas préoccupée de l'avenir, voulant que l'on punisse non seulement *ne peccetur*, mais aussi *quia peccatum*.

En effet, avec des hommes ayant fait preuve de faiblesse de sens moral, il y a toujours « possibilité de nouveaux crimes » (p. 262). Or, cette « capacité du crime » brise le lien entre l'individu et la Société, puisque le seul lien commun entre tous ses membres, c'est la présomption que tous possèdent la mesure minima de certains sentiments dans la violation desquels réside le fait délictueux.

Cependant, comme les moyens d'élimination causent nécessairement une souffrance, il se fait que, sans la rechercher, ils produisent un premier effet très utile : l'*intimidation*, qui, quoi qu'on en ait dit, est la suite naturelle et certaine de l'élimination. La crainte du châtiment est parfaitement exercée dans la théorie de l'auteur, « car les grands criminels, dénués de tout sens moral et capables indifféremment d'assassinat ou de vol, ne sauraient faire grand cas de la menace d'un emprisonnement long ou perpétuel; ils sont trop abrutis pour pouvoir apprécier la honte de la prison ou la souffrance morale plutôt que physique de la liberté perdue », mais « ils tiennent pourtant à la vie : aussi la peine de mort a-t-elle seule le pouvoir de les effrayer » (p. 213) (1).

Mais si l'intimidation produit d'heureux résultats, on ne peut pourtant pas la rechercher, car on en arrive ainsi très vite à une rare cruauté. Exemple : c'est en la

(1) A la suite de ce que nous avons dit en commençant cette étude, strictement nous n'aurions pas dû citer ces paroles — au moins à cet endroit-ci — car elles semblent uniquement démontrer la supériorité de la peine capitale sur l'emprisonnement. Seulement, nous avons cru devoir en parler ici parce que l'auteur justifie par là l'existence de la prévention, qui n'existerait donc, d'après lui, qu'avec la peine de mort.

prenant pour but qu'Henri VIII a fait pendre 72 000 oisifs, tandis qu'en employant l'élimination relative, tous les vagabonds ont été envoyés peupler l'Amérique au XVIIIe siècle et l'Australie au XIXe. Voilà la différence entre la théorie classique — qui recherche l'intimidation — et celle de Garofalo : l'une détruit, l'autre crée.

Enfin, la théorie de l'élimination a un deuxième effet qui lui est tout à fait propre : la *sélection*.

Se basant sur l'aperçu qu'il a donné de l'hérédité psychologique, et dans lequel il a montré que « le crime ne saurait se soustraire à ses lois inflexibles » (p. 275), Garofalo ajoute : « Il s'ensuit que la suppression des éléments les moins aptes à la vie sociale doit produire une amélioration de la race, parce qu'il naîtra un nombre toujours moins grand d'individus ayant des penchants criminels » (p. 275). En effet, « si le fils n'est pas précisément l'héritier des vices ou des vertus de ses parents, il l'est assurément de ses instincts vertueux ou pervertis », car, ainsi que nous l'avons vu, l'hérédité est aussi psychologique que physiologique. Ceci est même surtout vrai chez les criminels, car « fréquemment [ayons soin de faire remarquer que l'auteur n'ose plus dire « toujours » comme auparavant], les instincts criminels sont associés à une conformation anthropologique particulière qui fait des grands malfaiteurs des monstruosités atypiques et souvent régressives » (p. 275).

Il faudrait donc empêcher la procréation d'individus qui, selon toutes probabilités, seront des êtres méchants et abrutis.

Notre race vaut mieux qu'autrefois et les anthropologues les plus distingués n'hésitent pas à attribuer cette amélioration en grande partie à la peine de mort.

La relégation y est cependant aussi pour quelque chose, mais cela ne fait que mieux démontrer les bienfaits réalisés par toutes les mesures d'élimination.

Cependant, puisque ce progrès est attribuable en grande partie à la sélection, pourquoi cette œuvre séculaire d'épuration ne se poursuivrait-elle pas? Si nous nous arrêtons dans cette voie, les générations futures reprocheront à la nôtre d'avoir laissé germer des « semences infectes qui auront produit de nouvelles et nombreuses légions de délinquants ».

Or, cette sélection ne se produira pas *naturellement* sans que le pouvoir social s'en mêle, car au point de vue de la vie animale ce sont les plus dégénérés qui ont souvent le plus d'aptitude : en effet, ils sont généralement plus sains que les normaux, car « le développement moral a souvent lieu aux dépens du développement physique » (p. 277). Les criminels se reproduisent mieux que les braves gens et « ne craignent même pour la prolification aucune rivalité ».

La Société favorise donc, en l'accélérant, l'œuvre de la Nature.

En vertu de ces principes, l'auteur se déclare adversaire déclaré du droit de grâce, dont l'exercice aboutit en fait quelquefois — comme en Belgique — à l'abolition même de la peine de mort établie par la loi.

2° *Application pratique.* — Dans un chapitre spécial, consacré à la mise en pratique de ses théories, l'auteur nous apprend que la nature du crime suffit pour indiquer la monstruosité du délinquant. La préméditation n'est pas une circonstance aggravante, car « le caractère de l'assassin ne dépend pas de la réflexion plus ou moins prolongée » (p. 406). Dès lors la cruauté avec laquelle le meurtre a été exécuté et l'absence d'une injure grave de la part de la victime sont les deux critériums qui doivent remplacer celui de la préméditation, pour faire distinguer des autres meurtriers les « assassins, c'est-à-dire les grands criminels typiques dégénérés à l'extrême et perpétuellement insociables » (p. 408).

Toutefois, s'ils sont aliénés, il faudra non les exécuter, mais les envoyer dans un asile *ad hoc;* en effet, la folie est une maladie, la criminalité n'en est pas une : c'est seulement une anomalie. Cette différence a une grande importance, car elle justifie la peine de mort pour les criminels.

Enfin, l'auteur en vient à examiner la question de savoir si la réclusion perpétuelle peut remplacer la peine de mort. Il est d'avis que non, parce que avec l'emprisonnement l'élimination ne peut jamais être absolue, et il essaie de le prouver par de nombreux arguments.

Nous n'examinerons pas ici ces derniers en détail, pour les motifs que nous avons exposés dans notre introduction : ce serait rétrécir le point de vue auquel nous nous sommes placé.

L'auteur termine enfin son ouvrage par un ensemble de maximes pouvant servir à la formation d'un Code pénal international et dont voici les deux articles qui, seuls, nous intéressent et qui sont comme la cristallisation de son système :

Art. XXIII. — « La peine doit produire... l'élimination du criminel inadaptable à la coëxistence sociale. »

Art. XXIV. — « L'élimination des assassins devra être absolue. Il n'y a que la peine de mort qui la réalise. »

(A suivre.)

A. v. d. Mensbrugghe.
Auditeur Militaire suppléant.

VARIÉTÉS

I

A PROPOS
D'UNE
HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES (1)

L'Histoire des Mathématiques constitue à elle seule une science complète, possédant ses manuels, ses traités, ses revues, ses chaires universitaires, ses congrès. C'est une science relativement jeune : elle a été fondée il y a un siècle et demi par Montucla. Si l'antiquité nous a laissé, transmis par Proclus, les titres des écrits historiques de Théophraste, d'Eudème et de Géminus et si les XVIIe et XVIIIe siècles nous offrent les travaux analogues de Vossius, de Wallis, de Weidler, de Heilbronner, ces essais ne sont que les précurseurs de la grande *Histoire des Mathématiques* donnée par J.-F. Montucla en 1758. Cette œuvre, surtout en sa seconde édition publiée en quatre in-quarto de 1799 à 1802, reste quoique vieillie le modèle du genre. Après plus d'un siècle, des maîtres comme Cantor et P. Tannery aiment à y louer non seulement le style de l'écrivain, mais la richesse de la documentation et la sûreté habituelle des jugements.

En France, cette Histoire générale des Mathématiques de Montucla n'est encore complètement remplacée par aucune autre. L'*Histoire de l'Astronomie* (1817-1827) de Delambre, dépassant son propre titre, est aussi une histoire de la science mathématique, mais à un point de vue spécial et incomplet ; l'illustre Chasles a écrit un vaste *Aperçu historique* (1837), mais consacré surtout à la Géométrie ; les volumes du trop célèbre Libri ne sont qu'une collection de notes et de documents. Hoefer, Maxi-

(1) *Histoire des Mathématiques*, par W.-W. Rouse Ball, Fellow and Tutor of Trinity College (Cambridge). Édition française, revue et augmentée sur la troisième édition anglaise, par L. Freund, lieutenant de vaisseau. — Tome I, in-8° de VII-422 pages. Paris, A. Hermann, 1906.

milien Marie et Boyer ont tenté chacun une *Histoire des Mathématiques*, mais le petit manuel (1874) de Hoefer est l'œuvre d'un excellent polygraphe et non d'un mathématicien compétent, les douze tomes (1883-1888) de Marie sont l'amas des matériaux réunis en quarante ans de labeur et non l'édifice proportionné et achevé qu'il rêvait, l'intéressant livre de Boyer (1900) s'éloigne plus encore du modèle. Un instant on espéra que Paul Tannery, le plus grand peut-être, avec Cantor, des historiens des Mathématiques, donnerait cette histoire générale des sciences qu'il projetait : déposée au seuil du XXe siècle, elle eût fait le pendant des *Vorlesungen* de Cantor, mais cette plume si érudite, si judicieuse, si brillante vient d'être brisée par la mort.

Ainsi à l'heure présente les compatriotes de Montucla, de Chasles, de P. Tannery sont, en matière d'histoire des Mathématiques, tributaires de l'Allemagne, de l'Angleterre, du Danemark. L'excellente et trop courte *Histoire des Mathématiques* du danois Zeuthen a été récemment traduite en français et rend d'inappréciables services pour l'étude de la Géométrie grecque; puisse le volume spécial consacré par le même savant aux Mathématiques des XVIe et XVIIe siècles être traduit à son tour. Quant aux *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik* de Moritz Cantor, on souhaiterait vivement qu'une main patiente et habile et l'entente cordiale habituelle entre les maisons Teubner et Gauthier-Villars dotassent la bibliothèque française d'une traduction de cette œuvre magistrale, dont le vénérable et illustre auteur vient d'entreprendre en cette année même une troisième et définitive édition.

En attendant, nous félicitons le lieutenant de vaisseau français L. Freund de l'excellente idée qu'il a eue de traduire de l'anglais l'*Histoire des Mathématiques* de W.-W. Rouse Ball. Le docte *fellow* du Collège de la Trinité à Cambridge n'est pas un inconnu pour les lecteurs de la Revue. On leur a présenté ici-même (1898) ses *Récréations mathématiques*, traduites par Fitz-Patrick. Les qualités de clarté, d'intérêt, d'érudition, de science véritable de ces *Récréations* se retrouvent dans l'œuvre nouvelle. L'étendue et le plan général de cet ouvrage s'adaptent parfaitement au but visé par l'auteur. M. R. Ball s'est proposé, nous dit-il lui-même, de donner un aperçu à la portée de tous des principaux faits de l'histoire des Mathématiques, d'esquisser la vie et les découvertes des savants qui, davantage, les ont fait progresser et de jalonner le récit par quelques remarques sur la filiation des idées et des méthodes, sans entrer dans le détail des controverses.

L'ouvrage anglais constitue un volume unique et compact. Le traducteur en a fait deux tomes. Le tome second tardant à paraître, nous ne voulons pas être plus tardif que nous le sommes déjà à présenter ici le premier. Ce premier volume contient la période ancienne (pp. 1-139) ou période géométrique; puis la période du moyen âge (pp. 140-205) et celle de la renaissance (pp. 206-268), caractérisées par la création et le développement de l'Arithmétique moderne, de l'Algèbre et de la Trigonométrie; enfin la période moderne (pp. 269-326), s'ouvrant avec l'invention de la Géométrie analytique et du Calcul infinitésimal : Descartes, Cavalieri, Pascal, Wallis, Fermat, Huygens occupent cette partie. Le second tome s'ouvrira par le nom de Newton.

Le traducteur a placé en appendice dans ce premier volume des extraits d'anciens, mais précieux articles de Chasles, de Biot, de J. Bertrand sur Viète, sur Néper, sur Képler, et deux études très sobres et très vivantes, remarquables au point de vue de la philosophie naturelle et de la psychologie, mais étrangères aux Mathématiques pures. Dues à deux savants physiciens parfois opposés l'un à l'autre dans leurs conceptions, ces études sont, l'une, l'exposition faite par Mach, de Vienne, et peu connue en France, de l'œuvre de Galilée et de Huygens en Dynamique, l'autre, la préface placée par M. P. Duhem en tête de son histoire de la Statique et dont les lecteurs de la Revue apprécient à l'avance toute la haute valeur.

L'auteur a réalisé son plan d'une manière non point parfaite, mais satisfaisante. Lui-même ne s'arroge une infaillible exactitude ni dans l'érudition, ni dans les jugements. L'histoire des Mathématiques est une science assez vaste et que ses récents et rapides progrès rendent assez changeante pour que notre réserve dans l'éloge étonne peu. De plus, l'auteur se reconnaît lui-même moins au courant des littératures allemande et française qu'il eût fallu. De nombreux errata et desiderata eussent été prévenus par une étude plus soigneuse de l'œuvre de Cantor et des publications de Braunmühl (celui-ci, l'auteur semble à peine le connaître de nom), par une lecture plus consciencieuse des contributions de P. Tannery, notamment dans le Bulletin des Sciences mathématiques de G. Darboux et J. Tannery, par un dépouillement plus attentif de la Bibliotheca mathematica d'Eneström, du Journal de Crelle et des Nouvelles Annales de Mathématiques. Cela s'imposait d'autant plus que chez nos voisins d'Outre-Manche l'histoire des Mathématiques est une science d'importa-

tion plus récente. Avant l'*History of Greek Mathematics* (1884) de James Gow, qui d'ailleurs n'est pas à suivre sans contrôle, on ne peut citer que le médiocre traité de Dean Peacok, quelques brillants articles de De Morgan dans le Dictionnaire biographique de Smith et, depuis 1878, les études de G.-J. Allmann dans l'HERMATHENA de Dublin.

Les coquilles typographiques abondent : hypothénuse pour hypoténuse, Medita pour Inedita, phœnomena pour phænomena, Grichen pour Griechen, studien pour les Studien ; les Κεστόι (les *Varia*, ou *Broderies*, de Julius l'Africain, le polygraphe du IIIe siècle) deviennent *le* Χεστοι ; ἔτεος devient ἑτεως ; μ^{o} devient μ^{δ}; $(x-x^2)^1$ est mis pour $(x-x^3)^2$ et $p^{\frac{1}{3}}$ pour $p^{\frac{1}{3}}$, etc. Les noms propres sont défigurés fréquemment : Apollonius, Ptolemæus, Strobæus, Aristée, Ménechme, Héron, Antiphon deviennent Appolonius, Plolemœus, Strobacus, Aristé, Menœchme, Hero, Antipho ; Boëce devient souvent Bœce, son *de Consolatione* devient *les Consolatio* ; on lit sacro Bosco pour Sacro Bosco ou Sacro Busto ; Nicolas von Cusa pour Nicolas de Cusa ; Schœten et Huyghens parfois pour van Schooten et Huygens ; Göthals pour Goethals ; le beau Crichton (on ne sait ce que cet Adonis vient faire en cette Histoire) devient Chrichton ; on lit Grow, Breitswert et plusieurs fois S. P. Tannery au lieu de Gow, de Breitschwert, de P. Tannery, etc. Quelques noms de villes sont traités comme des noms patronymiques et comme tels imprimés en petites capitales : DE KARLSRUHE, SWICKAU, DE KEMPTEN (1), etc. Les dates et autres chiffres sont insuffisamment contrôlés : l'édition princeps du *Quadrivium* de Psellus n'est pas de 1556 : Venise en donne une édition en 1536, qui n'est pas la première ; les œuvres de Cassiodore n'ont pas attendu 1729 : l'édition complète de Paris est déjà de 1598 ; l'édition française des *Récréations*, de M. Rouse Ball, par M. Fitz-Patrick

(1) Qui devinerait sous l'indication V. M. DE KEMPTEN (p. 132) notre trop peu connu Valentin Mennher, ce Bavarois qui au milieu du XVIe siècle vint s'établir à Anvers et y publia d'excellentes arithmétiques commerciales, notamment dès 1550 (et non 1556) sa *Practique brifue pour cyfrer et tenir Liures de Compte touchant le Principal train de Marchandise P. M. Valentin Mennher, de Kempten*. Le Hollandais Nicolas Petri, de Deventer, — Petri fut assez longtemps l'auteur classique dans nos provinces — le cite en sa préface et lui fait de fréquents et précieux emprunts. Exhumé de l'oubli par MM. Van der Haeghe, de Gand, et Kheil, de Prague, Valentin Mennher sera un jour, j'espère, présenté aux lecteurs de la REVUE par la plume autorisée du P. Bosmans.

(et non Ritz Patrick), est citée diverses fois et avec divers millésimes : notre exemplaire est de 1898; etc. Bon nombre de ces lapsus et bien d'autres encore ont déjà été signalés par d'autres que nous. Il est utile de les indiquer en un si important ouvrage et d'engager l'auteur et le traducteur à une plus sévère surveillance de l'édition prochaine.

Il nous reste à soumettre à l'auteur, au courant de la plume, quelques-uns des desiderata et des considérations que nous a suggérés la lecture de son intéressant ouvrage.

Trop succinctes et trop sèches sont les pages accordées aux Mathématiques égyptiennes et orientales.

Le *Rhind mathematical papyrus*, ce joyau du trésor égyptien au British Museum, n'est pas un papyrus sacerdotal, mais un recueil de Mathématiques commerciales et, probablement, un codex d'écolier. Il est rédigé par le scribe Ahmès, et non par le prêtre Ahmès. A l'exemple de L. Rodet (JOURNAL ASIATIQUE, 1881, 1882), M. R. Ball eût dû illustrer son texte du fac-simile de quelques fragments de ce papyrus, le plus antique de tous les manuels de Mathématiques, après certains documents cunéiformes assyriens, que l'auteur nous fait aussi trop peu connaître. Il pouvait s'aider de la somptueuse édition officielle photolithographique de 1898. Quoi d'intéressant, comme ces équations algébriques tracées en écriture hiératique par le calame d'un contemporain des enfants de Joseph, fils de Jacob, où l'x inconnue est figurée tantôt par l'ibis fouillant, tantôt par le monceau (*hau* = monceau de grains = quantité); où nos signes + et — ont pour ancêtres deux jambes accompagnant chaque terme et dirigées vers la gauche (+) ou vers la droite (—), et où notre signe = est remplacé par le scarabée sacré, symbole du devenir? Pourquoi ne pas traduire littéralement certains problèmes de fioles et de pommes, qui éclaircissent même un texte de Platon (*Lois*, VII, 819) sur la pédagogie égyptienne, et certaine quadrature du cercle déjà très approchée où le cercle est dit équivalent à peu près au carré ayant pour côté les 8/9 du diamètre du cercle? Pourquoi ne pas exposer plus complètement certains calculs trigonométriques relatifs à la hauteur d'une pyramide dont l'on fournit l'inclinaison et l'arête (nommée *pur-e-mus*, mot égyptien passé chez les Grecs pour désigner l'édifice même et devenu la croix des étymologistes)?

Pour la Chaldée, la Babylonie et l'Assyrie, le JOURNAL ASIATIQUE de Paris a été trop peu consulté directement par l'auteur. La collection de Leipzig DER ALT ORIENT (1898 et suiv.) mérite

d'être signalée pour l'intelligente mise en œuvre des documents exhumés depuis trois quarts de siècle. Les fouilles exécutées depuis 1843 sur les emplacements des anciennes capitales des pays arrosés par le Tigre et l'Euphrate, y ont fait découvrir les premiers foyers de civilisation, dont l'influence se fit sentir de bonne heure en Égypte, aux Indes et en Grèce. Les Chaldéens possédaient, plusieurs milliers d'années avant notre système du gramme, de la seconde et du franc, un système de poids et mesures et de monnaie d'une précision très scientifique. De vastes bibliothèques, telles que celle du roi Sargon d'Agadé, composées de nombreux milliers de briques d'argile cuite que recouvre une fine écriture cunéiforme, ressuscitent après quarante ou cinquante siècles d'ensevelissement, et intéressent autant les mathématiciens que les historiens et les littérateurs. L'exposé de ces faits eût dû trouver place dans le livre de M. R. Ball.

Sur la Mathématique des Chinois, sur sa préhistoire, sur les influences successives grecque et romaine, hindoue et arabe, sur le rôle scientifique des premiers missionnaires jésuites à partir de 1583, l'auteur pouvait faire au mémoire de Biernatzki (1), qu'il ne connaît que de titre, des emprunts instructifs et intéressants. Quoique l'éducation bouddhique ait souvent étouffé ce qu'il y a de vivant et de spontané chez l'Oriental, cependant l'immobilité intellectuelle du Chinois est un préjugé très erroné. Du reste, plus d'un problème de l'histoire des sciences se rattache à ces questions des Mathématiques célestiales. Indiquons, de plus, notamment pour le règne de l'empereur mathématicien Kang-Hi, le Louis XIV du Céleste Empire, les *Lettres édifiantes et curieuses* (*Missions de la Chine*).

La Mathématique grecque préeuclidienne, mal connue de Montucla, est assez bien traitée par M. R. Ball. Il s'est éclairé des judicieux travaux de Bretschneider et de leurs compléments par Allmann; mais il n'a pas utilisé les publications de P. Tannery sur la science hellène.

Au sujet de Thalès, Pythagore, Platon, Euclide, etc., il eût pu élaguer de ses biographies les légendes dues à la fertile imagination des Grecs de tous les temps, ou du moins ne les donner qu'en s'en déchargeant sur la crédulité de Plutarque, sur le

(1) Journal de Crelle, 1856. Ce mémoire est une reproduction d'une étude d'Alexandre Wylie, *Jottings of the science of the Chinese* (dans le North China Herald, 1852), étude qui complète les recherches du jésuite Matthieu Ricci, le fondateur (1583) de la mission de la Chine.

génie inventif de Lucien, sur la fécondité des écrivains du Bas Empire. L'inscription de l'Académie de Platon : — Que nul n'entre ici, s'il n'est géomètre, — n'a de garant que Psellus, le byzantin du XIe siècle (1). L'incendie de la flotte romaine provoqué par les miroirs ardents d'Archimède appartient au roman plus qu'à l'histoire.

Aristote, dans ses *Questions de Physique* (2), désigne bien la force, la masse, le temps, l'espace par les lettres α, β, γ, δ et se sert de cette notation dans le discours. Mais il ne fait aucun calcul sur ces lettres. Loin de là, s'il doit raisonner sur une force et une masse sous-doubles des premières, il n'écrit point $\frac{1}{2}\alpha$, ni $\frac{1}{2}\beta$, ce qui serait faire de l'Algèbre littérale excellente, mais il les dénomme par d'autres lettres.

M. R. Ball attribue à Ménechme la découverte des sections coniques : l'antiquité salua du nom de *triade de Ménechme* l'ellipse, la parabole et l'hyperbole. L'attribution de cette découverte au célèbre précepteur d'Alexandre le Grand ne repose que sur l'insuffisant témoignage d'un vers d'Ératosthène de Cyrène (-250). Or, avant Ménechme, Eudoxe de Cnide et son maître Archytas, l'ami de Platon, avaient étudié les intersections de surfaces, et la découverte des propriétés de sections telles que la section oblique du cylindre ne pouvait, observe P. Tannery, leur offrir de difficulté sérieuse.

A propos d'Euclide, dont les *Éléments* constituent la Géométrie de la règle et du compas, l'auteur cite en note la *Géométrie du compas* (Pavie, 1797, et non 1795) de Mascheroni, qui est, dit-il, un tour de force assez curieux pour mériter une mention. Ce singulier et maigre éloge donne aux étudiants une idée incomplète et fausse de la question. La Géométrie du compas seul et la Géométrie de la règle seule constituent deux problèmes d'une portée théorique assez haute pour avoir sollicité les efforts de

(1) Le prétendu séjour de Platon à Cyrène, où il se serait initié aux Mathématiques à l'école de Théodore, est contredit par le propre témoignage de Platon, qui dans son *Théétète* nous montre Théodore de Cyrène professant au temps de Socrate à Athènes même.

(2) *Natur. auscult.*, VII, 5; voy. aussi *passim* dans ses œuvres. On sait que les plus anciens traités qui nous soient parvenus sur la Mécanique rationnelle sont ceux d'Aristote. « Ils ont été loués sans mesure par ses commentateurs, et depuis, négligés sans examen; mais à travers mille obscurités et une foule d'idées singulières, on trouve chez lui les principes les plus importants de la Mécanique. » (Fourier, *Mém. sur la Statique*, p. 20, dans le JOURNAL DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, 5e Cahier). M. Duhem vient de confirmer excellemment, à cent ans de distance, le jugement de Fourier.

plus d'un géomètre de renom, depuis Ferrari, Tartaglia et van Schooten jusqu'à Poncelet et Steiner, sans parler de nos contemporains Laguerre, G. de Longchamps, G. Cesàro.

Le profond *Traité des Coniques* d'Apollonius a été analysé par Housel (Journal de Liouville, 1858), et par Max. Marie (*H. des M.*, t. I, 1883) : ces deux analyses méritent d'être indiquées aux lecteurs français comme une double introduction à l'étude de l'œuvre du Géomètre par excellence.

Apollonius, d'après M. R. Ball, ignorait que la parabole eût un foyer et n'avait nulle idée de la directrice. Rappelons cependant qu'avant le Géomètre de Perge il existait sur les coniques deux ouvrages considérables, l'un analytique, l'autre synthétique : les *Lieux solides* d'Aristée l'Ancien et les *Coniques* d'Euclide. Le premier, resté classique pendant toute l'antiquité, exposait sans nul doute et par la méthode analytique des propriétés qu'Euclide et Apollonius jugèrent inutile de reprendre. Telle était la propriété du foyer de la parabole, car le problème du lieu des points équidistants d'une droite et d'un point fixes s'imposait à Aristée avant bien d'autres problèmes qu'Euclide a repris.

Héron d'Alexandrie, l'un des fondateurs de l'art de l'ingénieur, auteur des *Métriques*, des *Mécaniques* et des *Pneumatiques*, précurseur de Papin dans l'invention de la machine à vapeur, a vécu avant Pappus qui le cite et après Vitruve et Pline qui ne le connaissent point : vraisemblablement il appartient au siècle des Antonins. M. R. Ball le place trois siècles plus tôt, le croit disciple de Ctésibius et incline vers une opinion qui fait de l'ingénieur alexandrin un Égyptien d'origine, « exemple curieux de la permanence des caractères et des traditions d'une race ». Plus loin, l'auteur se refuse avec Gow à voir un Grec de race dans un autre Alexandrin, Diophante, et prétend que le Père de l'Algèbre trahit, lui aussi, son origine exotique par certaines notations dans son écriture et par son esprit plus arithmétique que géométrique. Ces conjectures sont les corollaires d'une thèse de Hankel : le génie grec, ami de l'ordre et des proportions et merveilleusement doué pour la belle Géométrie pure, manquait d'aptitude pour l'Arithmétique et l'Algèbre et pour la Géométrie technique. Si des mathématiciens grecs ont fait progresser l'art du calcul et les procédés de la Géométrie et de la Mécanique usuelles, ils pouvaient avoir reçu la culture hellénique, mais étaient sans doute de race sémitique. Pythagore même n'a pu rapporter que des rives du Nil sa passion pour le Nombre et, d'ailleurs, était Phénicien. Cette thèse de Hankel peu ancienne est peut-être déjà vieillie, malgré les efforts de Zeuthen.

Du reste, le problème héronien, posé depuis un siècle par l'Académie des Inscriptions (1816), est des plus complexes. Ce Héron, qui a vécu on ne sait ni quand ni où, à quelles sources a-t-il puisé sa science? Quelle influence a-t-il exercée sur la science des âges ultérieurs? Ces questions, M. R. Ball y répond en unissant dans un complaisant éclectisme les opinions successivement classiques de Th. H. Martin (1854) et de M. Cantor (1875). Avec Th. H. Martin, il admet l'existence au Xe siècle d'un second Héron, qui serait l'auteur de deux petits traités grecs, *De Machinis bellicis* et *Geodæsia*. Ce Héron le Jeune doit être biffé de l'histoire : la célébrité de l'ancien Héron a fait qu'on a mis sous l'égide de son nom plusieurs écrits techniques de ce genre, et ces écrits étant manifestement un produit du génie byzantin du Xe siècle, on a créé un Héron de Byzance.

La célèbre formule générale, dite formule de Héron, qui donne l'aire du triangle en fonction de ses côtés et qu'il démontre en ses *Métriques*, n'est pas de lui : elle est postérieure à Euclide et antérieure à Héron. Plusieurs inventions qu'il expose en ses *Pneumatiques* et en ses *Mécaniques* ne lui appartiennent pas davantage, par exemple la fameuse fontaine qui porte son nom. — Ce puissant géomètre à la fois théoricien et technicien était par lui-même un penseur d'un génie très personnel : il a fait autre chose que colliger les traditions scientifiques égyptiennes et codifier les règles des harpédonaptes des rives du Nil. Il est bien au-dessus des agrimenseurs romains de l'Empire, et ceux-ci n'ont été que les simples copistes du polygraphe Varron, le vulgarisateur par excellence des antiques disciplines étrusques et des traditions grecques et alexandrines. M. R. Ball eût adopté sans doute ces appréciations, s'il avait tenu compte de la phase nouvelle du problème due à la publication récente de l'œuvre véritable de Héron. Diels en 1893 a donné les *Pneumatiques*. Carra de Vaux en 1894 a reproduit en français les *Mécaniques* d'après une version arabe du IXe siècle. Enfin en 1903 Hermann Schöne a publié le vrai texte grec des *Métriques*, retrouvé dans la Bibliothèque du Vieux Sérail de Constantinople : ce fut une révélation d'une face inconnue de la Géométrie ancienne; les travaux byzantins, d'ailleurs remarquables, qui passaient pour constituer la Géométrie de Héron, ne pouvaient donner aucune idée de l'œuvre vraie du grand homme. Ces *Métriques* ont été, de l'avis de P. Tannery, la publication documentaire la plus importante faite depuis deux siècles pour l'histoire de la Mathématique grecque, — sauf peut-être la

très récente publication (1907) de l'*Ephodikon* d'Archimède, cette œuvre géométrique dont le titre assez vague nous était seul connu, cité à plusieurs reprises en ces mêmes *Métriques* (1), et dont le texte grec vient d'être retrouvé, à Constantinople encore, et d'être publié dans l'HERMÈS par Heiberg.

Au sujet de Diophante (2), la question du symbolisme algébrique employé par le Père de l'Algèbre est obscure. On fait malaisément le partage, dans l'invention des notations, de ce qui est dû au génie de l'auteur et de ce qui est le fait de l'esprit abréviateur des copistes successifs, d'autant plus que le manuscrit le plus ancien des *Arithmétiques*, celui de Madrid, ne date que du XIIIe siècle. Le manuscrit du Vatican ne remonte pas au delà du XVe. — Le symbole de soustraction ⋔ est l'initiale déformée du mot λιποντες (diminués de...). — Il n'est pas improbable, au jugement même de P. Tannery, l'éditeur critique de l'œuvre diophantine, que le Dionysios à qui Diophante dédie ses *Arithmétiques* soit un certain évêque Denys, ami des sciences, comme l'étaient plusieurs évêques de ce IVe siècle.

Hypatia d'Alexandrie commenta les six premiers livres de Diophante. Elle appartient à l'âge des commentateurs et des compilateurs, ère de décadence de la science mathématique et de la pensée philosophique. M. R. Ball nous rappelle que la belle païenne « fut assassinée à l'instigation des chrétiens en 415 », et ouvre à son propos une de ses fréquentes et désagréables digressions sur l'hostilité entre l'Église et la science. Nous pensions qu'à l'appui du fait l'auteur citerait comme références soit l'*Histoire* de Socrate et le *Lexique* de Suidas, soit même, malgré sa nulle valeur scientifique, le pamphlet écrit il y a trente ans par Draper, *Les Conflits de la Science et de la Religion*, qui semble, à en juger par certaines thèses de M. R. Ball, être son livre de chevet : il se contente de renvoyer au roman *Hypatie* de Kingsley. Autant vaut renvoyer à l'opéra de Scribe le lecteur qui s'informe de l'exacte vérité sur l'histoire des Huguenots. L'épisode regrettable d'Hypatia, périssant dans un mouvement de la populace contre le gouverneur Oreste, appartient à ce dangereux tournant

(1) Le titre complet de l'ouvrage retrouvé est : Ἀρχιμήδους περὶ τῶν μηχανικῶν θεωρημάτων πρὸς Ἐρατοσθένην ἔφοδος. Heiberg et Zeuthen viennent d'en publier une traduction allemande commentée, dans BIBLIOTHECA MATHEMATICA d'Eneström.

(2) Les *Éléments* d'Euclide, les *Coniques* d'Apollonius et les *Arithmétiques* de Diophante constituant trois ouvrages capitaux dans l'histoire de la pensée et de la méthode mathématiques, il convient de signaler aux lecteurs français les analyses très méditées de ces trois œuvres dans l'*Histoire des Mathématiques* (Paris, 1902, traduction de Jean Mascart) de Zeuthen.

de l'histoire où se livrèrent des luttes parfois sanglantes entre l'hellénisme orgueilleux et furieux et le césarisme ombrageux et violent, où le paganisme éperdu luttait pour la vie contre le christianisme devenu d'opprimé triomphant, et où les évêques eurent, au risque de leur vie, à accomplir une œuvre de salut social contre des rites païens absurdes et souvent abominables. Au sujet de cette période agitée, renvoyons le lecteur non à des romanciers, même sérieux comme Kingsley, mais à des historiens : à L. Duchesne, dont l'*Histoire ancienne de l'Église* (t. II, 1907) raconte ce début tourmenté du Ve siècle; à P. Allard, auteur du beau livre *Le Christianisme et l'Empire romain;* enfin, quant à l'épisode spécial d'Hypatia, au P. Ch. De Smedt, qui, en 1876, a enrichi la présente Revue, alors naissante, d'une très autorisée et inoubliée étude sur *L'Église et la Science*. Que la fière Hypatia ait péri dans une de ces rixes sanglantes que soulevaient de temps en temps parmi le bas peuple les passions religieuses, le docte bollandiste ne le conteste point. Ce qu'il affirme hautement, c'est qu'on n'est point fondé à mettre le meurtre de la femme philosophe et mathématicienne sur le compte de la haine de l'Église pour la science. Et cette accusation est d'autant moins fondée, ajouterons-nous, qu'à cette même époque toute Alexandrie s'émerveillait tour à tour de l'érudition de l'évêque Théophile, de la science éloquente de son successeur l'évêque Cyrille, du savoir encyclopédique de Didyme l'Aveugle, du génie poétique et des doctrines platoniciennes de Synésius, l'admirateur de cette même Hypatia et le futur évêque de Ptolémaïs. A cette même époque encore, tout l'Orient entendait les saints évêques Basile de Césarée et Grégoire de Nazianze se joindre à saint Cyrille d'Alexandrie pour recommander aux chrétiens l'étude des œuvres littéraires, scientifiques et philosophiques des païens.

M. R. Ball admet volontiers aussi la destruction par les chrétiens, vers 391 sans doute, de la Bibliothèque universitaire d'Alexandrie. Ce fameux incendie de la Bibliothèque du Sérapéion est une de ces erreurs historiques qu'il devient fastidieux de réfuter. Le P. De Smedt, dans l'étude citée tantôt (Rev. des Quest. Scient., 1876, I, pp. 109-116), a excellemment résumé pour nos lecteurs la savante et complète réfutation donnée il y a un demi-siècle par l'abbé Gorini (1). Ajoutons, quoique l'honneur du

(1) Gorini, *Défense de l'Église*, t. I, pp. 64-107 (1re édit.). La simple destruction par ordre impérial du sanctuaire de Sérapis dans l'immense et splendide Sérapéion qui dominait la ville, s'accomplit sans nul siège et nul assaut du

Croissant musulman nous touche peu, que l'immense autodafé similaire attribué aux Arabes lors du sac d'Alexandrie en 641 est plus douteux que M. R. Ball ne le pense : il n'est garanti que par le tardif témoignage de deux ou trois historiens du XIIIe siècle. Quant au mot historique placé, en cette occasion et en quelque autre encore, sur les lèvres du calife Omar, il appartient à la riche collection des mots purement légendaires.

M. R. Ball est, ailleurs, plus juste pour l'Église. Par exemple, il salue volontiers Boèce, Cassiodore et les moines d'Occident. Peut-être y met-il trop de réserve : Boèce et Cassiodore méritent plus ample hommage, l'un le dernier des philosophes anciens et le premier des philosophes scolastiques ou du moins l'un de leurs principaux éducateurs, l'autre fixant dans son *De Artibus ac Disciplinis liberalium litterarum* l'enseignement qui sera suivi durant le moyen âge, tous deux consacrant à l'Arithmétique et à la Géométrie des pages très médiocres et très courtes sans doute, mais les seules qui traverseront les longs siècles troublés.

Il se désole de la fermeture par le décret de Justinien, en 529, de l'École d'Athènes, dernier refuge de la pensée et de la science hellènes; mais il devrait reconnaître la stérilité de cet hellénisme, qui venait d'agoniser durant deux siècles et demi dans le néo-platonisme et le néo-pythagorisme. Du reste, nous lui signalerons une intéressante coïncidence de date : en cette même année 529, où, en Orient, un décret impérial fermait l'Université d'Athènes (1), un moine d'Occident fermait le dernier temple païen ouvert en Italie, le temple d'Apollon, sur le Mont-Cassin, et y fondait un Ordre qui devait sauver dans les temps de troubles les débris des sciences et des lettres païennes et fournir de nombreux et illustres champions à la science chrétienne.

Au sujet des Mathématiques aux Indes, M. R. Ball passe sous silence l'intéressante période primitive de la Géométrie hindoue. Cependant cette période commence à n'être plus de la préhistoire,

temple, et n'entraîna la ruine ni du reste du temple et de ses dépendances ni de la Bibliothèque. Le seul texte invoqué sont quelques mots mal compris du voyageur espagnol Orose, qui, écrivant en 416, rappelle la destruction de la Bibliothèque du Bruchium, arrivée 48 ans avant Jésus-Christ : le Bruchium fut malheureusement atteint par l'incendie de la flotte égyptienne allumé sur l'ordre de Jules César par les soldats romains.

(1) Tout en observant cette même coïncidence de date, Krumbacher dans l'ouvrage capital *Geschichte der Byzantinischen Litteratur*, Munich, 2e édition, 1897, pp. 5 et 428, croit que la fermeture de l'École d'Athènes a fait peu de tort aux intérêts de la pensée philosophique déjà mourante et rappelle l'obscurité qui continue à envelopper l'histoire de ce décret impérial.

grâce aux recherches de G. Thibaut (1875) et plus récemment de von Schroeder, de Bürk et de H. Vogt. Les *Sulvasutras* ou *Préceptes du cordeau*, qui codifient les règles à suivre par les brahmanes pour la construction et l'orientation des autels, montrent chez les auteurs de cette Géométrie rituelle, Baudhayana, Apastamba et Katyana, des connaissances que Pythagore eût enviées. Ils connaissaient, comme lui et peut-être longtemps avant lui, la propriété du carré de l'hypoténuse : ils résolvaient les triangles rectangles en nombres entiers : 3, 4, 5; 5, 12, 13; 8, 15, 17; etc. Ils trouvaient pour l'irrationnelle $\sqrt{2}$ cette valeur approchée : $\sqrt{2} = 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3.4} - \frac{1}{3.4.3.4}$. Apastamba disait que le cercle vaut à peu près un carré ayant pour côté les 13/15 du diamètre. Cette science des Hindous paraît autochtone : les Grecs n'avaient pu, semble-t-il, être leurs initiateurs à cette époque.

Pour les périodes ultérieures de la Mathématique hindoue, résumées dans les trois noms célèbres d'Aryabhâta (VIe s.), de Brahma Gupta (VIIe s.) et de Bhaskara Acharya (XIIe s.), et que M. R. Ball expose suffisamment, il eût été bon de constater ce que Hankel ignorait en 1874, à savoir que toute la science des Hindous représentée par ces savants classiques, Astronomie, Géométrie et même Algèbre, a son point de départ dans la science grecque (1).

(*A suivre.*) B. L.

(1) Si Aryabhâta (476-550) donne pour π la valeur $\frac{62\,832}{20\,000}$, ou 3,1416, sans avoir connu les écrits d'Archimède (car il attribue à la sphère le volume $v = \sqrt{\pi^3}\, R^3$), il doit cette connaissance de π à une source grecque, peut-être à Apollonius; car il l'obtient, comme Apollonius, en appliquant la méthode archimédienne des polygones réguliers poussée jusqu'au polygone de 384 côtés.

II

LES TEMPÊTES

DANS LA

PROVINCE MARITIME DU FOU-KIEN (Chine)

Plusieurs savants ont exprimé le désir de voir recueillir des séries d'observations, s'étendant au plus grand nombre d'années possible. Le même vœu a été émis au congrès d'Inspruck en septembre 1905.

Nous avons pensé qu'il y aurait intérêt à chercher, dans les annales de la Chine, célèbres par leur antiquité, les vestiges des tempêtes qui ont visité l'une des provinces maritimes les plus exposées aux ravages des typhons. Le R. P. Pierre Hoang, prêtre du clergé de Nankin, travailleur infatigable, a bien voulu compulser les annales officielles de la province du Fou-kien, dont la préfecture est Fou-tcheou, et nous publions le résultat de ses recherches. Nous nous sommes contentés de traduire en français son texte latin, et de déterminer, d'après la description des annales, le genre de chaque tempête (coup de vent, tornade, typhon, etc.).

Il est clair que la liste, qui embrasse une période de huit cent trente-quatre années (de l'an 978 à l'an 1811 de l'ère moderne), ne saurait être donnée comme complète. Bien des cas, sans doute fort intéressants au point de vue météorologique, ont été nécessairement laissés dans l'ombre, le but de l'annaliste n'étant que de rapporter les désastres dignes d'être signalés à la postérité. Tout au plus peut-on croire que nous avons là une énumération assez exacte des grands typhons, surtout à partir de l'an 1461, où les cas commencent à se faire plus nombreux.

Il semble impossible de déduire quelque loi météorologique d'un pareil document. Nous nous contenterons de réunir, mois par mois, les typhons proprement dits, pour en déduire une courbe de la variation annuelle. Voici le résultat.

Mois.	Janv.	Févr.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Typhons.	0	0	0	0	2	6	14	23	23	7	3	0

Les chiffres de ce tableau ont servi à construire la courbe ci-jointe (fig. 1). La comparaison de ce diagramme avec les conclusions d'une étude sur les tempêtes modernes, ne manquera pas d'intéresser le lecteur. La courbe tracée en pointillé représente les sommes mensuelles de typhons, relevées en Extrême-Orient par le R. P. José Algué, directeur de l'Observatoire de Manille, pour la période 1880-1902. Malgré des différences de détail, il y a un parallélisme manifeste entre les résultats des vieilles annales de Chine, et ceux des observations modernes, dont les moyens perfectionnés ne laissent guère échapper de typhon inaperçu, le long

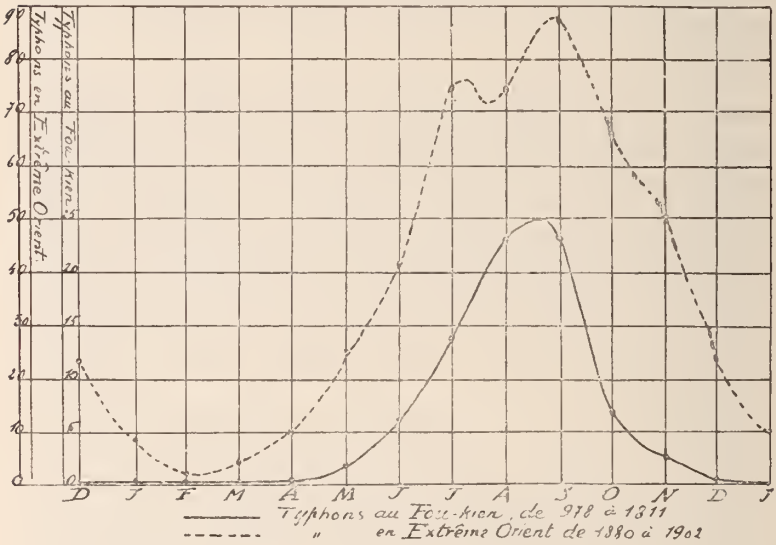


Fig. 1.

des côtes de l'Extrême-Asie. Il y a lieu de remarquer que la différence est surtout notable durant les mois d'hiver : la liste de Manille note des typhons pour tous les mois de l'année, tandis que les annales du Fou-kien n'en signalent aucun de la fin de novembre au commencement de mai. Toutefois la différence est plus apparente que réelle, car le R. P. Algué note tous les typhons, tandis que l'annaliste chinois ne s'occupe que de ceux du Fou-kien. Or, les typhons des mois froids se tiennent généralement au sud du canal de Formose ou à l'est des Ryû-kyû ; même à l'époque actuelle on n'en voit pas, durant la saison d'hi-

ver, entre Swatow et Wen-tcheou, de sorte que si l'on prenait la peine de choisir, parmi les typhons cités par le R. P. Algué, ceux-là seuls qui viennent aborder au Fou-kien, il est fort probable que les deux courbes se ressembleraient encore plus.

CARTE du FOU-KIEN

Fig. 2.

Une dernière remarque sur le *nombre* des typhons. La différence entre les documents anciens et les modernes ne vient pas d'une variation des lois de la nature, mais de la marche croissante de nos informations. A mesure que de nouvelles stations se créent, le champ de nos études s'élargit, la navigation multiplie ses voyages, et les commandants, observateurs volontaires,

deviennent chaque jour plus nombreux. De là vient que, tandis que de 1880 à 1902 on trouve une moyenne annuelle de 21,3 typhons, la période 1890-1901, plus récente, en donne 24,6 : jadis plusieurs cas, égarés au large, sur le Pacifique, passaient inaperçus, aujourd'hui ils ne peuvent se produire sans être signalés. Il est probable cependant que nous approchons de la limite, et que la fondation des stations météorologiques des Carolines, des Marianes et des Bonin, nous mènera à un total annuel de trente cyclones environ, en nous bornant au bassin compris entre ces îles et le continent asiatique, et en ne comptant que les typhons proprement dits.

N°	ANNÉE	MOIS	DATE	LOCALITÉ	ESPÈCE	INTENSITÉ
1	978	?	?	Hing-hoa	typhon	arbres et maisons renversés.
2	983	10, IX-8, X	?	Hing-hoa	typhon	arbres et maisons renversés.
3	983	10, IX-8, X	?	T'suen-tcheou	fort vent	
4	1005	7, IX-5, X	?	Fou-tcheou	typhon	habitations du littoral détruites.
5	1025	mars	3	T'chong-ngan	orage	vent, tonnerre et pluie.
6	1069	28, VIII-17, IX	?	T'suen-tcheou	fort vent	raz de marée dévastateur.
7	1090	?	?	Hing-hoa	typhon	désastreux : plus de 10 000 morts.
8	1093	?	?	Fou-tcheou	fort vent	raz de marée dévastateur.
9	1132	mars	17	Kien-ning	orage	vent, grêle, maisons abattues, morts.
10	1132	mars	20	Kien-ning	fort vent	maisons et moissons détruites.
11	1177	juin	28	Fou-t'sing Hing-hoa	fort vent	tempête de nuit.
12	1178	juillet	29	Hing-hoa	fort vent	grande pluie, maisons renversées.
13	1183	septembre	21	Tchang-tcheou	fort vent	grande pluie, maisons renversées.
14	1191	26, II-26, III	?	Kien-ning	orage	vent, pluie, grêle, maisons détruites.
15	1191	avril	20	Kien-ning	orage	pluie, grêle, maisons et moissons détr.
16	1202	juillet	25	Kou-t'ien Kien-ning Kien-ngan	typhon	vent, pluie, maisons et moissons ruin.
17	1380	juillet	26	Min-hien	fort vent	grande pluie, maisons détruites.
18	1461	juin	26	Tchang-tcheou Tchang-pou	fort vent	pluie, arbres déracinés.
19	1463	15, VIII-12, IX	?	?	typhon	vent violent, pluie.
20	1469	août	20	Fou-ngan	typhon	vent violent, grande pluie.
21	1483	juillet	23	Fou-tcheou	typhon	vent violent, maisons renversées.
22	1487	août	9	T'ing-tcheou	orage	grand vent, tonnerre.
23	1493	?	?	Hing-hoa	typhon	navires jetés sur le rivage.
24	1493	août	14	T'suen-tcheou	typhon	maisons renversées, navires englout.
25	1497	août	9	Hing-hoa	typhon	tonnerre, pluie, mais. et arbres renv.
26	1501	août	17	Fou-tcheou	orage	vent, tonnerre, mais. et arbres renv.
27	1506	20, VII-18, VIII	?	Ou-p'ing	fort vent	pluie, maisons renversées.
28	1514	mars	19	T'chang-lou	orage	tonnerre, grêle, vent emportant les tuiles.
29	1516	mars	28	Sien-yeou	orage	la grêle tue quantité d'animaux.
30	1518	8, VI-7, VII	?	Fou-tcheou	fort vent	grande pluie.

N°	ANNÉE	MOIS	DATE	LOCALITÉ	ESPÈCE	INTENSITÉ
31	1528	août	23	T'ong-ngan	typhon	arbres déracinés par le vent.
32	1539	18, V-15, VI	?	Fou-tcheou	typhon	maisons renversées.
33	1542	mai	27	T'ong-ngan	fort vent	maisons et arbres renversés.
34	1549	mai	31	Tchang-tcheou	typhons	navires engloutis.
35	1560	25, V-23, VI	?	Hing-hoa	orage	grêle, arbres et maisons renversés.
36	1563	?	?	Hing-hoa	typhon	grande pluie, raz de marée.
37	1565	avril	17	T'ong-ngan	orage	vent violent, pluie, tonnerre.
38	1566	19, VI-16, VI	?	Fou-tcheou	fort vent	forte pluie.
39	1567	5, VIII-2, IX	?	Ning-té	typhon	maisons et arbres renversés.
40	1568	25, VI-23, VII	?	T'chong-ngan	typhon	maisons détruites dans la région E. à S.
41	1570	été	?	P'ou-t'ien	orage	vent, pluie, tonnerre, grêle.
42	1570	juillet	8	(note)	typhon	dégâts énormes (note).
43	1590	juillet	22	?	typhon	maisons et arbres renversés.
44	1596	24, VIII-21, IX	?	Hoei-ngan	typhon	
45	1600	août	26	P'ou-t'ien	typhon	extraordinaire (note).
46	1603	septembre	9	T'ong-ngan	typhon	raz de marée détruisant maisons et [moissons.
47	1606	septembre	10	Fou-t'cheou T'suen-tcheou	typhon	beaucoup de naufrages.
48	1607	octobre	18	T'ing-tcheou	typhon	maisons renversées.
49	1608	12, VII-9, VIII	?	P'ou-tcheng	orage	vent violent, maisons foudroyées.
50	1609	septembre	5	Cheou-ning	typhon	tonnerre, pluie, vent.
51	1609	septembre	?	Fou-tcheou	typhon	raz de marée détruisant maisons et [moissons.
52	1610	automne	?	Pou-t'cheng	orage	(note)
53	1611	10, VII-7, VIII	?	Kien-ning	typhon	grand vent, maisons renversées.
54	1612	mars	3	Fou-tcheou	fort vent	navires submergés.
55	1612	mai	12	Pou-t'ien	orage	grêle, vent, arbres brisés.
56	1614	septembre	8	Tchang-tcheou	typhon	arbres déracinés, tuiles emportées.
57	1619	?	?	Ngan-k'i	fort vent	grande pluie.
58	1621	février	24	?	coup de vent	grêle : chevaux et bœufs tués.
59	1626	?	?	Tchang-tcheou	coup de vent	arbres arrachés, tourbillons de sable.
60	1637	mars	19	T'suen-tcheou	fort vent	averses.
61	1641	août	7	Fou-tcheou	typhon	maisons renversées, arbres déracin.
62	1643	novembre	11	Hing-hoa	typhon (*sic*)	raz de marée ravageant les moissons.
63	1644	7, IV-5, V	?	Chao-ou	coup de vent	maisons renversées.
64	1649	février	19	?	orage	grands coups de foudre, pluie de [poussière noire.
65	1654	17, IV-15, V	?	Kien-ning	orage	la nuit, vent violent, grêle.
66	1659	septembre	16	Fou-tcheou	typhon	maisons renversées.
67	1659	novembre	14	Hing-hoa	typhon (*sic*)	raz de marée dévastant les moissons.
68	1663	8, IV-6, V	?	Kien-ning	coup de vent	maisons renversées.
69	1664	juillet	19	?	typhon	maisons renversées.
70	1667	21, VI-20, VII	?	Lien-kiang	trombe	(note)
71	1670	octobre	14	Tsuen-tcheou	orage	vent, pluie, coup de foudre.
72	1673	12, VIII-10, IX	?	Chang-hang	typhon	maisons renversées.
73	1675	octobre	4	Tchao-ngan	typhon	maisons détruites, arbres déracinés.
74	1678	juillet	20	Hing-hao	typhon	maisons et arbres renversés.
75	1680	24, VIII-22, IX	?	T'suen-tcheou	typhon	arbres déracinés.
76	1682	août	19	Keang-tché	orage	vent soulevant sable, pluie, tonnerre.

N°	ANNÉE	MOIS	DATE	LOCALITÉ	ESPÈCE	INTENSITÉ
77	1687	10, VI-8, VII	?	T'suen-tcheou	typhon	une tour renversée.
78	1691	?	?	T'suen-tcheou / Hoei-ngan	typhon	raz de marée, beaucoup d'habitants noyés.
79	1691	août	8	Hing-hoa	typhon	vent violent.
80	1691	août	21	Hing-hoa	typhon	mer démontée, navires engloutis, champs submergés.
81	1691	22, IX-20, X	?	Formose	typhon	maisons renversées, navires englout.
82	1701	?	?	P'ing-hou	trombe	(note)
83	1709	?	?	Tchang-tcheou	fort vent	maisons renversées.
84	1740	août	29	Tchang-p'ou	typhon	mer démontée : plus de 2000 habitants engloutis.
85	1715	?	?	Formose	orage?	grand tremblement de terre.
86	1718	automne	?	Tchao-ngan	typhon	grandes pluies.
87	1721	octobre	8	Formose	typhon	maisons renversées.
88	1722	13, VII-11, VIII	?	T'suen-tcheou	typhon	moissons dévastées.
89	1724	juin	30	T'chang-t'ai	typhon	moissons dévastées.
90	1728	juin	8	Pou t'ien	typhon	(note)
91*	1731	septembre	4	Long-k'i	tornade?	arbres déracinés, maisons renversées.
92	1733	10, VIII-7, IX	?	Fou-ngan / Ning-té	typhon	maisons et arbres renversés.
93	1737	?	?	Koei-hoa	orage	grêle.
94	1737	septembre	9	Fou-tcheou / Ning-té	typhon	vent violent, la nuit.
95	1740	juillet	15	Formose	typhon	vent violent, grande pluie,
96	1743	26, I-23, II	?	Hing-hoa	fort vent	maisons renversées.
97	1745	27, VIII- 25, IX	?	Ile P'ong-hou (Pescadores)	typhon	vent violent:
98	1748	?	?	Hoei-ngan	fort vent	
99	1748	mai	10	P'ou-t'ien	coup de vent	grande pluie.
100	1748	mai	29	T'chang-t'ai	orage	tonnerre, maisons et arbres renvers.
101	1749	mars	10	Hing-hoa	coup de vent	
102	1750	4, VII-1, VIII	?	Kien-ning	typhon?	
103	1750	2, VIII-31, VIII	?	Ning-té	typhon?	vent violent.
104	1750	septembre	9	Formose / T'chang-hoa	typhon	maisons renversées.
105	1750	30, IX-29, X	?	Kien-ning	fort vent	
106	1751	septembre	1	Fou-ngan	typhon	maisons submergées.
107	1752	?	?	T'ong-ngan	fort vent	
108	1752	9, VIII- 7, IX	?	Formose	typhon	vent de feu, brûlant arbres et herbes.
109	1752	septembre	10	P'ou-t'ien	typhon?	
110	1753	28, VIII-26, IX	?	Formose	typhon	
111	1754	juin	8	Tchang-tcheou	typhon	grande pluie (note).
112	1754	juillet	12	P'ou-t'ien	typhon	tempête de 7 jours; arbres déracinés.
113	1754	septembre	28	P'ou-t'ien	typhon	mer démontée (raz de marée ?).
114	1754	16, X-13, XI	?	Formose	typhon?	vent violent.
115	1758	1, XI-31, XI	?	Formose	typhon?	tempête, pluie, pendant 3 jours.
116	1760	juillet	12	Nan-p'ing	typhon	arbres déracinés.
117	1772	30, VII-27, VIII	?	Formose	tornade?	(note)
118	1790	12, VII-9, VIII	?	Fou-tcheou	tornade?	vent violent, pluie.
119	1811	août	6	Fong-chan	tornade?	(note)

Notes sur les Tempêtes dans le Fou-Kien

N° d'ordre

6 Cette tempête (probablement un typhon) amena une marée qui renversa les maisons et dévasta les moissons.

12 Il y eut un grand nombre de personnes noyées.

26 Le même orage (probablement typhon) avec grand vent et pluie, dura trois jours à T'chang-t'ai et à Nan-t'sing.

37 Cet orage fut accompagné de ténèbres aussi profondes que celles de la nuit, qui survinrent subitement à 2 heures de l'après-midi.

42 Le typhon se fit sentir dans les cinq sous-préfectures de Long-k'i, Tchang-pou, T'chang-t'ai, Nan-t'sing et P'ing-ho : le vent fut violent, la pluie diluvienne, de nombreuses maisons furent submergées et dévastées.

43 Le fort de la tempête sévit de 6 heures à 8 heures du matin.

45 Ce typhon dura sans trêve pendant cinq jours et cinq nuits : vent extraordinaire, pluie énorme détruisant les maisons et renversant les ponts. Le 24 et le 25 août, à Lien-kiang, le typhon déracina les arbres et renversa les habitations ; le 26 et les trois jours et trois nuits qui suivirent, un raz de marée envahit les maisons ; le même jour, à Fou-ngan, typhon et pluie diluvienne.

50 La tempête dura quatre jours et quatre nuits.

52 « Vers midi, un vent violent se leva soudain, près de l'emplacement des exercices militaires ; l'eau d'un étang (?) soulevée en l'air à la hauteur de 50 pieds, vint en tournoyant couvrir une surface de plusieurs arpents ; cette pluie, d'abord de couleur blanche, tourna au vert, puis au rouge, enfin elle parut de feu pendant un assez long espace de temps. »

55 Les grêlons attinrent la grosseur du poing; vent violent, pluie, les arbres furent brisés, et les tuiles des maisons emportées.

69 Le vent sévit avec violence de 8 heures du matin à 4 heures du soir ; il y eut de grandes pluies durant trois jours.

70 Sur l'étang Kin-tsong surgit un grand vent, soulevant de fortes vagues ; un *dragon* s'éleva, allant de l'occident vers le nord.

74 Le soir, à 8 heures, le vent se leva, venant du nord-ouest, et la terre fut éclairée d'une lumière de feu.

75 Très grandes pluies. On vit dans l'air une lumière de feu, semblable à la foudre.

82 De l'étang Koan-K'i s'envola un dragon, à la suite de

noires nuées : l'étang et (toutes les pièces d'eau) du voisinage, à 10 ly à la ronde, furent mis à sec. Les animaux et les hommes furent entraînés dans les airs, et retombèrent à quelque distance de là.

87 Le ciel fut vu complètement rouge.

90 Pendant six jours, du rivage de la mer le sable fut emporté par le vent, et vint ensevelir les champs et combler les puits.

91 Apparition d'un dragon.

100 La force du vent fait voler des pierres.

111 Les ravages furent encore plus grands à Nan-t'sing et P'ing-hou : les maisons furent submergées.

117 A Formose, par un ciel serein, soudain on vit surgir des nuées noires des quatre vents du ciel; des dragons, grands et petits, apparurent en grand nombre, puis subitement se leva un vent violent, avec pluie, qui dura toute la nuit.

118 Apparition d'un dragon.

119 Sur la mer Orientale, tout à coup, se lèvent quelques étincelles (?), surnageant et s'élevant en l'air; elles devinrent alors innombrables et produisirent un grand vent : chaleur excessive, récoltes brûlées.

REMARQUES

[A]. La plupart du temps l'espèce des tempêtes a été déterminée par le sens du mot chinois employé par l'annaliste. En un certain nombre de cas cependant, les détails mis en note ont fait juger qu'il s'agissait d'un typhon bien caractérisé. Les simples *orages* concernent en général des villes de l'intérieur.

[B]. Certaines tempêtes ne se rapportent pas à une date précise : c'est que l'annaliste a simplement cité la lune chinoise. Dans ce cas nous donnons les dates européennes coïncidant avec le début et la fin de cette lunaison. Faisons remarquer que pour cette question de la détermination des dates, le R. P. P. Hoang est une autorité très sûre.

[C]. Le nom de Formose inséré dans les listes, rappelle l'époque où cette île faisait administrativement partie de la province de Fou-kien.

[D]. Le lecteur interprétera lui-même certains termes des notes qui précèdent : ainsi il est clair que les *dragons* devaient être des nuées se tordant dans la forme bien connue des trombes, etc. L. F., S. J.

BIBLIOGRAPHIE

I

Roberto Bonola. La geometria non-euclidea. Esposizione storico-critica del suo sviluppo con 69 figure. Bologna, Ditta Nicola Zanichelli, 1906. In-8°, de viii-216 pages. Prix : 5 lire.

M. R. Bonola, bien connu de tous ceux qui s'occupent de géométrie non euclidienne comme auteur de notes savantes sur la matière et surtout de travaux consciencieux et complets sur la bibliographie y relative, fait, dans le volume dont nous venons de transcrire le titre, un exposé à la fois historique et critique du développement de cette partie de la science. Nous allons en analyser les divers chapitres en signalant ce qui nous y frappe surtout et en indiquant aussi les endroits où nous ne sommes pas d'accord avec l'auteur.

I. *Les essais de démonstration du cinquième postulat d'Euclide* (pp. 1-19). 1. Comme on le sait, Euclide (300 ans avant J.-C.) base la théorie des parallèles (définies comme droites d'un plan qui ne se rencontrent pas), sur le postulat des trois droites : *Deux droites d'un plan coupées par une troisième avec laquelle elles font, d'un côté, des angles intérieurs dont la somme est moindre que deux droits se rencontrent de ce côté.*

Posidonius (Ier siècle avant J.-C.), pour éviter le postulatum d'Euclide, propose d'appeler parallèles deux droites d'un plan qui sont équidistantes; cette définition implique ce nouveau postulat que l'équidistante d'une droite est une droite. Geminus (Ier siècle avant J.-C.) remarque d'ailleurs qu'il existe des courbes, telles que l'hyperbole et la conchoïde, qui, prolongées indéfiniment, ne rencontrent pas une droite, savoir leur asymptote : L'asymptote et l'hyperbole sont parallèles dans le sens d'Euclide, elles ne le sont pas dans le sens de Posidonius. L'équidistance et le parallélisme ou la non-rencontre de lignes prolongées indéfiniment ne sont donc pas des propriétés équivalentes.

Geminus trouve d'ailleurs que l'existence des asymptotes est le fait *le plus paradoxal* de toute la géométrie (1).

Ptolémée (IIe siècle ap. J.-C.) établit la théorie des parallèles en partant du postulat suivant : Si deux droites qui ne se rencontrent pas faisaient, d'un côté, avec une transversale des angles dont la somme est supérieure à deux droits, il en serait de même de l'autre côté. Proclus (410-485) (à qui sont dus les renseignements précédents sur Posidonius, Geminus, Ptolémée), admet que la distance de deux parallèles est toujours finie et en déduit le postulatum.

Malgré cela, Proclus suppose en deux endroits différents de son commentaire du premier livre d'Euclide, qu'il n'est pas impossible qu'il y ait des droites asymptotes l'une de l'autre : *deux droites coupées par une transversale avec laquelle elles forment des angles internes dont la somme est inférieure à deux droits pourraient ne pas se rencontrer*, bien que, le segment de la transversale restant le même, les droites se rencontrassent, si la somme des angles internes diminuait.

Ce passage de Proclus est extrêmement remarquable parce qu'il montre que, *contrairement à la légende*, les anciens n'ont pas admis la vérité absolue du postulat V d'Euclide.

D'après un commentaire arabe d'Al-Nirizi (IXe siècle) sur Euclide, Aganis, un ami de Simplicius (VIe siècle), le célèbre commentateur d'Aristote, a établi la théorie des parallèles en supposant comme Posidonius qu'il y a des droites équidistantes.

2. Chez les Arabes, on ne trouve rien d'original sur la question des parallèles, sauf chez Nassireddin (1201-1274) qui admet comme postulat l'existence du rectangle, c'est-à-dire du quadrilatère ayant les quatre angles droits et les côtés opposés égaux. Il en déduit aisément le postulatum d'Euclide.

3. A la Renaissance et au XVIIe siècle, Commandin (1509-1575), Clavius (1537-1612), Cataldi (? 1548-1626), Borelli (1608-1679), Giordano Vitale (1633-1711), admettent tous au fond le postulat de Posidonius ; mais le dernier le restreint, car il parvient à le prouver si trois points seulement d'une droite sont à la même distance d'une troisième. — Wallis (1616-1713) démontra le postulatum d'Euclide en en admettant un plus compliqué et contenant des conditions superflues : *il existe des triangles sem-*

(1) Aujourd'hui encore, l'asymptotisme paraît très singulier aux commençants et bien des géomètres de profession, débutant en géométrie non euclidienne, trouvent aussi très paradoxal le théorème de Saccheri : *Deux droites peuvent être asymptotes l'une de l'autre.*

blables. Parmi les auteurs de cette période, les uns laissèrent le postulat des trois droites parmi les postulats, les autres le transportèrent parmi les axiomes comme aussi la première édition imprimée du texte grec des *Éléments* d'Euclide (1533).

II. *Les précurseurs de la géométrie non euclidienne* (pp. 19-57).

1. *G. Saccheri* (1667-1733) est, par excellence, le précurseur de la géométrie non euclidienne, dans son *Euclides ab omne naevo vindicatus*, « non seulement parce qu'il a démontré rigoureusement les premiers principes de la géométrie lobatchefskienne, mais surtout parce qu'il est le créateur de la critique des postulats. Pour voir si le postulat V d'Euclide est indépendant des vérités géométriques admises, Saccheri crée un système de géométrie indépendant de ce postulat ». Nous avons publié une analyse critique de ses recherches dans les Annales de la Société scientifique de Bruxelles (1890, t. XIV, 2e partie, pp. 46-59) et dans *Mathesis* (1891). Il nous suffira ici de résumer sur deux points essentiels l'exposé de M. Bonola.

Saccheri étudie un quadrilatère birectangle isoscèle ABCD : les angles B, C sont droits, les côtés AB, CD sont égaux. On peut faire trois hypothèses sur les angles A et D, qui sont égaux, selon qu'ils sont droits, obtus, ou aigus. Ces trois hypothèses dites de l'angle droit, de l'angle obtus ou de l'angle aigu correspondent à la géométrie euclidienne, à la riemannienne, et à la lobatchefskienne. Saccheri essaie de prouver que si, dans un seul cas, l'une ou l'autre de ces hypothèses est vraie, il en est toujours de même. La démonstration est insuffisante parce qu'elle s'appuie sur Euclide I, 17 et il en est de même, croyons-nous, de la démonstration de M. Bonola. De Tilly a établi ce théorème dans *Mathesis*, d'une manière simple, mais en recourant au principe de continuité.

Saccheri prouve que l'hypothèse de l'angle obtus est incompatible avec les proportions admises dans les éléments avant la théorie des parallèles. En essayant, en vain, de faire la même démonstration pour l'hypothèse de l'angle aigu, il établit rigoureusement ce théorème fondamental de géométrie lobatchefskienne : *Deux droites se rencontrent, ou sont asymptotes, ou ont une perpendiculaire commune.*

2. *Lambert* (1728-1777). L'ouvrage de Saccheri, signalé dans les histoires des mathématiques de Heilbronner (1742) et de Montucla (1758), analysé avec soin dans une dissertation de Klügel patronnée par Kaestner (1763), a probablement été la source directe ou indirecte de toutes les recherches ultérieures.

Lambert, dont le travail (1766) fut publié après sa mort, en 1786, étudie les trois hypothèses de Saccheri sur un quadrilatère trirectangle, moitié de celui de Saccheri et trouve ce théorème important (en germe d'ailleurs dans une remarque de Saccheri) : *Dans l'hypothèse de l'angle aigu, l'aire d'un triangle est proportionnelle à la différence entre deux droits et la somme de ses angles*, comme s'il était tracé sur une sphère imaginaire ; mais cela entraînerait l'existence d'une unité absolue de mesure, ce qui est absurde, selon lui.

3. *Divers géomètres. D'Alembert* (1717-1783) admet comme évident que tous les points d'une droite sont équidistants d'une autre s'il en est ainsi de deux d'entre eux. *Lagrange* (1736-1813) a observé que la trigonométrie sphérique est indépendante du postulatum d'Euclide, ce qui est vrai. *Carnot* (1753-1823) et *Laplace* (1749-1827) regardent le postulat de Wallis comme la base naturelle de la théorie des parallèles. D'après *Fourier* (1768-1830), on devrait définir le plan et la droite comme les lieux des points équidistants de deux ou de trois points. *Legendre* (1752-1833) prouve avec rigueur que la somme des trois angles d'un triangle est égale ou inférieure à deux droits si la droite est infinie ; que cette somme est égale à deux droits si elle l'est dans un seul triangle ; qu'il en est vraiment ainsi s'il n'y a pas dans les équations qui lient les angles et les côtés d'un triangle, un paramètre analogue au rayon des triangles sphériques, une unité absolue de mesure. *Wolfgang Bolyai* (1775-1856) prend comme postulat la proposition : *Par trois points, on peut toujours faire passer un cercle* ; Wachter (1792-1817) la suivante : *Par quatre points, on peut faire passer une sphère* De plus, Wachter fait cette remarque juste : Dans un système de géométrie où le postulat d'Euclide ne serait pas vrai pour un plan, il serait vrai sur une sphère de rayon infini.

III. *Les fondateurs de la géométrie non euclidienne* (pp. 58-74).

1. *Gauss* (1777-1855). Nous avons donné un aperçu des travaux de Gauss dans les Annales de la Société scientifique de Bruxelles (1901, t. XXV, 1re partie, pp. 104-107). On peut résumer notre analyse et celle de M. Bonola de la manière suivante : De 1794 jusque vers 1816, Gauss s'assimile ou retrouve de lui-même et complète, sous la forme la plus nette, les résultats obtenus jusqu'alors sur les principes de la géométrie ; à partir de 1816, au moins, il voit que la géométrie non euclidienne dépendant d'un paramètre est aussi légitime que la géométrie eucli-

dienne correspondant à une valeur infinie de ce paramètre; il trouve la métrique non euclidienne; enfin, il fait observer que l'existence de deux géométries également rigoureuses, également possibles renverse les vues subjectivistes de Kant sur l'espace.

2. *Schweikart* (1780-1859), dans une note (1818) destinée à Gauss, énonce quelques théorèmes de géométrie non euclidienne que l'on trouve dans Saccheri et Lambert, mais où il affirme de plus que ceux-ci que la géométrie astrale, comme il appelle celle qui porte maintenant le nom de géométrie lobatchefskienne, est la vraie géométrie générale et est peut-être réalisée dans la nature.

3. *Taurinus* (1794-1874), neveu du précédent, publie, en 1826, ses *Geometriae prima Elementa* qui contiennent la métrique dite plus tard lobatchefskienne; il l'obtient en supposant purement imaginaires les côtés d'un triangle sphérique. Cette métrique correspond à l'hypothèse de l'angle aigu de Saccheri et de Lambert. Taurinus croit d'ailleurs que cette métrique ne peut s'appliquer dans le plan, mais il conjecture qu'elle est peut-être réalisée sur quelque autre surface, ce qui est vrai (Beltrami).

IV. *Les fondateurs de la géométrie non euclidienne. Suite* (pp. 75-119). 1. *Lobatchefsky* (1793-1856). Lobatchefsky est le principal créateur de la géométrie non euclidienne, parce qu'il en a exposé le premier les principes (1829), qu'il l'a fait sous deux formes différentes, l'une directe, l'autre inverse, qui, au point de vue philosophique, se complètent, et avec d'importantes applications au calcul intégral, à la mesure des longueurs, des aires et des volumes; enfin parce qu'il a publié en français et en allemand des écrits de vulgarisation qui, après sa mort, attirèrent enfin l'attention des géomètres sur cette partie de la science. M. Bonola fait connaître la méthode de Lobatchefsky sous la forme que le géomètre russe lui a donnée, dans ses *Recherches géométriques*. Il aurait fallu signaler en outre au moins, selon nous, les recherches de Lobatchefsky sur les notions fondamentales de la géométrie (sphère, plan, droite), et sa méthode inverse, parce que c'est celle-ci surtout qui donne à Lobatchefsky et aux géomètres la certitude de l'indémontrabilité du postulatum d'Euclide.

2. *Jean Bolyai* (1802-1860). M. Bonola analyse avec soin l'*Appendix* à l'ouvrage de W. Bolyai, où Jean Bolyai a exposé en 1832, trois ans après Lobatchefsky, sous une forme extrêmement condensée, la géométrie lobatchefskienne; puis divers

écrits publiés récemment qui prouvent que le géomètre hongrois voyait beaucoup moins que Lobatchefsky la portée philosophique de sa découverte et qu'il en doutait même parfois.

3. *Trigonométrie absolue.* M. Bonola introduit la fonction Ex de De Tilly (rapport d'un segment d'équidistante de hauteur x à sa base) et $\bigcirc x$ de Bolyai (circonférence de rayon x) pour écrire comme il suit, en trigonométrie plane, sphérique ou lobatchefskienne, les formules fondamentales relatives à un triangle A B C, rectangle en C :

$$\bigcirc a = \bigcirc c \sin A, \qquad \cos A = \mathrm{E}a \sin B; \qquad \mathrm{E}c = \mathrm{E}a\mathrm{E}b;$$
$$\bigcirc b = \bigcirc c \sin B, \qquad \cos B = \mathrm{E}b \sin A;$$

d'où l'on déduit la jolie formule de M. Bonola :

$$\bigcirc^2 a\,(\mathrm{E}a + \mathrm{E}b\mathrm{E}c) + \bigcirc^2 b\,(\mathrm{E}b + \mathrm{E}c\mathrm{E}a) = \bigcirc^2 c\,(\mathrm{E}c + \mathrm{E}a\mathrm{E}b).$$

4. *Hypothèses équivalentes au postulat des trois droites.* M. Bonola donne ici une idée de la géométrie semi-euclidienne de Max Dehn, où l'on n'admet pas le postulat d'Eudoxe (dit d'Archimède) : la somme des angles d'un triangle y est égale à deux droits, mais par un point on peut mener plus d'une non-sécante à une droite.

5. *La diffusion de la géométrie non euclidienne.* Baltzer (1818-1887), Houel (1823-1886), G. Battaglini (1826-1894), Beltrami (1835-1900), par leurs écrits originaux ou leurs traductions des écrits des inventeurs nous semblent devoir surtout être signalés comme propagateurs de l'idée non euclidienne; puis aussi De Tilly (1838-1906), dont, selon nous, M. Bonola ne parle pas assez, pas plus que de Veronese, Pieri et Barbarin; sans doute, l'exposé de leurs travaux ne rentrait pas dans son plan.

V. *Développements successifs de la géométrie non euclidienne* (pp. 120-172). A. *Direction métrique différentielle* (pp. 121-144). 1. Géométrie sur une surface. 2. Fondements d'une géométrie plane selon les idées de Riemann. 3. Fondements d'une géométrie de l'espace suivant Riemann. 4. L'œuvre de Helmholtz et les recherches de Lie. Ces différents paragraphes renferment beaucoup de renseignements sur les travaux de Riemann, de Beltrami, de Klein, de Hilbert, de Liebmann, de Max Dehn, etc., sur la géométrie des géodésiques des surfaces à courbure constante, négative ou positive; puis aussi sur la géométrie de

faisceaux de droites, ou de demi-droites, correspondant à la géométrie doublement ou simplement elliptique, et sur la géométrie non legendrienne de Max Dehn (indépendante du postulat d'Eudoxe, avec droite non fermée, somme des trois angles d'un triangle supérieure à deux droits). Mais il y manque l'analyse de la vraie géométrie riemanienne de l'espace développée en 1878 par De Tilly, et de plusieurs de ses travaux ultérieurs et antérieurs. Les écrits de Riemann, de Helmholtz et de Lie, dont il est question dans les §§ 3 et 4, sont, selon nous, de l'analyse pure : les coordonnées dont il y est question n'ont pas de définition géométrique.

B. *Direction projective* (pp. 173-192). 1. Subordination de la géométrie métrique à la géométrie projective. 2. Représentation de la géométrie lobatchefskienne dans le plan euclidien. 3. Représentation de la géométrie elliptique de Riemann dans l'espace euclidien. 4. Fondation de la géométrie en partant de concepts graphiques. 5. Indémontrabilité des postulats. — Dans ces divers paragraphes, l'auteur donne des indications rapides sur les travaux de Laguerre, de Cayley, de Klein au moyen desquels on obtient une représentation *presque* parfaite des géométries non euclidiennes, dans l'espace euclidien, en y supposant invariante une conique ou une quadrique fondamentale, quand on effectue des transformations projectives. — A propos du § 1, nous ne croyons pas que l'on ait jamais établi l'indépendance de la géométrie projective de la géométrie métrique. L'indémontrabilité des postulats et leur compatibilité avec les définitions de la géométrie, ne dépendent nullement, selon nous, de la représentation des géométries non euclidiennes dans l'espace euclidien, mais de l'analyse que Lobatchefsky a faite de ces notions premières dans sa méthode inverse et des travaux de De Tilly sur la géométrie comme physique mathématique des distances.

Note I. Les principes fondamentaux de la statique et le postulatum d'Euclide (pp. 173-192). Analyse d'un excellent Mémoire de Genocchi (1877) sur un travail de Daviet de Foncenex (1760-1761) dont l'idée fondamentale est probablement due à Lagrange.

Note II. Les parallèles et la surface de Clifford (pp. 193-208). Étude élémentaire d'un couple de droites riemanniennes équidistantes, non situées dans un même plan, et de la surface (équidistante ou hypersphère) engendrée par l'une en tournant autour de l'autre. M. Barbarin dans son ouvrage sur les quadriques non euclidiennes a aussi étudié ce couple et cette surface.

Index des noms (pp. 211-213). *Errata* (p. 215).

Le livre de M. Bonola, malgré les petites lacunes que nous avons dû y signaler, est très propre à initier ceux qui voudront le lire attentivement à l'ensemble de recherches très diverses que l'on désigne aujourd'hui sous le nom de géométrie non euclidienne.

Pour les philosophes, en particulier pour les admirateurs de Kant, il les guérira, espérons-le, de cette *conception historique fausse que la géométrie a toujours été regardée comme apodictiquement démontrée à l'égal de la théorie des nombres.* Au contraire, depuis Euclide jusqu'à Lobatchefsky, les géomètres n'ont jamais été tranquilles sur le célèbre postulat des trois droites : ils ont toujours essayé de le démontrer jusqu'au jour où ils ont vu qu'il était indémontrable, qu'il n'était pas une suite des notions premières, bases de la géométrie.

P. M.

II

Rational Geometry, a Text-Book for the Science of Space based on Hilbert's Foundations by G. B. Halsted, A. M. Princeton, Ph. D. Johns Hopkins. First Edition. — New-York, John Wiley and Sons. London, Chapman and Hall. 1904. In-12 cartonné à l'anglaise de viii-285 pages. Prix : 1,75 dollar (1).

M. Hilbert a publié en 1899, puis en 1903 avec des remaniements profonds, ses *Grundlagen der Geometrie* où il s'est efforcé de mettre en évidence, en les classant soigneusement, les postulats implicitement employés dans les traités de géométrie.

M. Halsted, le savant et zélé protagoniste de la géométrie non euclidienne aux États-Unis, à qui l'on doit la traduction anglaise des ouvrages de Saccheri, de Bolyai et de Lobatchefsky, outre des livres originaux et de nombreux articles sur les progrès de la géométrie générale, a publié sa *Rational Geometry* pour faire entrer dans le domaine de l'enseignement, au moins pour les

(1) Une seconde édition revue, de viii-273 pages (prix : 1,50 dollar), a paru en 1907. M. Halsted signale dans une note ce qui la distingue de la première : « Il y a, dit-il, dans la nouvelle édition, des simplifications inattendues : l'auteur a trouvé qu'il n'est pas nécessaire d'employer le cercle comme auxiliaire, soit dans les démonstrations, soit dans les constructions, et il a pu ainsi abréger et dégager la géométrie d'une manière étonnante. »

maîtres, les vues de M. Hilbert sur les principes de la science de l'espace.

Il faudrait lire la *Rational Geometry* à la loupe, si j'ose ainsi dire, et refaire, pour son propre compte, le même travail de dissection, d'analyse minutieuse des bases de la géométrie et de reconstruction de l'édifice des Éléments que M. Halsted, pour pouvoir critiquer utilement et minutieusement son livre. Il faudrait en même temps l'expérimenter dans une classe, pour pouvoir dire jusqu'à quel point il convient de remplacer, dans l'enseignement, par le raisonnement explicite, les intuitions ou les raisonnements implicites auxquels on recourt maintenant. Très probablement, les deux modes d'exposition, le rationnel et l'intuitif, diffèrent moins au fond qu'il ne semble au premier abord. Comme Gauss l'a remarqué, il y a toujours un résidu intuitif dans toute géométrie, sans quoi elle ne serait plus de la géométrie, mais de l'analyse. D'autre part, tel croit faire appel à l'intuition, qui, sans le savoir, s'adresse à l'esprit, parce que *la raison*, dit Aristote, *voit les concepts dans les images*. La bonne méthode est sans doute celle qui réussit à donner l'esprit géométrique aux élèves moyennement doués au point de vue de l'intelligence et de la volonté, sans les troubler par des discussions trop minutieuses sur les premiers principes, mais aussi sans affaiblir l'aspiration naturelle des jeunes esprits pour les démontrations rigoureuses, en faisant trop souvent appel à l'évidence sensible. Aux bons maîtres de se tenir dans ce juste milieu, entre l'enseignement d'une géométrie rationnelle trop abstraite et celui d'une géométrie purement empirique. Mais pour cela, ils doivent connaître, sinon les *Grundlagen* de M. Hilbert ou ceux de Veronese et de Pieri, au moins la géométrie élémentaire du second ou la *Rational Geometry* de Halsted.

Donnons une indication sommaire des matières exposées dans ce dernier ouvrage.

1. Premier groupe de postulats : postulats d'association entre les notions de point, droite, plan. 2. Postulats de l'ordre relatif. Sont rejetées dans le premier appendice les démonstrations de ces théorèmes se rattachant à ce chapitre : si B est entre A et C, et C entre A et D, C est entre B et D et réciproquement. 3. Postulats sur l'égalité en vue d'éviter l'idée de mouvement et le transport idéal des figures qu'il est difficile de décrire sans commettre un cercle vicieux. 4. Postulat de la parallèle unique. 5. Cercle. A la fin de ce chapitre se trouve le postulat d'Eudoxe ou définition des grandeurs de même espèce (un multiple suffi-

samment grand d'une grandeur surpasse toute grandeur de même espèce) que M. Hilbert, on ne sait pourquoi, a appelé postulat d'Archimède. Dans la suite, chaque fois qu'il le peut, l'auteur évite de se servir de ce postulat. M. Zeuthen a remarqué qu'Euclide s'en passe aussi dans une grande partie des Éléments. 6. Problèmes de construction, en n'utilisant le compas que comme transporteur de segments. 7. Égalités et inégalités entre côtés, angles et arcs. 8. Calcul des segments. 9. Proportions et similitude. Les segments a, b, c, d, forment une proportion si l'on a $ad = bc$ dans le sens géométrique indiqué dans le chapitre précédent; les triangles sont semblables s'ils sont équiangles. 10. Equivalence, aire en définissant, comme M. Gérard (voir Mathesis, 1897, pp. 265-266), l'aire du triangle comme la moitié du produit de la base par la hauteur. 11. Géométrie des plans dans l'espace; c'est l'équivalent de la première moitié du livre XI des *Éléments* d'Euclide ou du livre V de ceux de Legendre. 12. Polyèdres et volumes. Le volume du tétraèdre est, par définition, comme chez M. Gérard, le tiers du produit de la base par la hauteur. Notons en passant (n° 399, p. 186) la jolie formule $4V = H(B + 3S)$ pour le volume d'un prismatoïde de base B, de hauteur H, de section S aux trois quarts de la hauteur, un prismatoïde étant un agrégat de tétraèdres compris entre deux polygones parallèles où se trouvent leurs sommets, leurs bases, ou leurs arêtes opposées. Nous regrettons de ne pas rencontrer dans ce chapitre le beau théorème de Darboux : *Tout tétraèdre est la somme de six hexaèdres autosymétriques*, d'où résultent l'équivalence des figures symétriques et la solution d'un paradoxe de Kant et des philosophes qui ignorent les premiers éléments de la géométrie. 13. Figures sur la sphère. Aire et volume de la sphère. La vieille solution du problème : *trouver le rayon d'une sphère dont on connaît une partie* (n° 446, p. 202) devrait être remplacée par celle de De Tilly, dont le principe est dans Pappus et qui est applicable à beaucoup d'autres questions analogues : on cherche et on trouve aisément sur la sphère trois points équidistants de deux points pris sur cette sphère et, par suite, appartenant à un grand cercle. 14. Cône et cylindre. 15. Sphérique pure ou géométrie à deux dimensions sur la sphère, traitée en employant le minimum des postulats des premiers chapitres. 16. Angles trièdres et polyèdres.

Appendices. 1. Théorèmes d'ordre relatif. 2. Les postulats du compas. 3. Méthodes de résolution des problèmes. — *Index*. — Sept cents exercices choisis sont distribués entre les divers chapitres du livre.

La *Rational Geometry* de M. Halsted est écrite avec une concision extrême et contient beaucoup de matière sous un petit volume, à cause des notations abrégées dont se sert l'auteur. Après les *Éléments* d'Euclide, et avec les manuels de Faifofer et de Veronese, nous n'en connaissons pas de plus suggestif pour les professeurs trop habitués à l'ordre des matières et aux démonstrations des Éléments de Legendre et de ses succédanés; il les fera réfléchir non seulement sur les principes fondamentaux de la géométrie, mais aussi sur la manière la plus simple ou la plus naturelle d'en exposer telle ou telle théorie.

P. M.

III

Encyclopädie der elementaren Geometrie bearbeitet von Heinrich Weber, Joseph Wellstein und Walter Jacobsthal. Mit 280 Textfiguren. — Leipzig, Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1905. (In-8° cartonné de XII-604 pp.) Prix : 12 marcs (1).

L'*Encyclopédie de la Géométrie élémentaire* ne répond guère à son titre, semble-t-il; on n'y trouve pas, en effet, comme dans le Traité de Rouché, un exposé relativement complet des plus belles recherches anciennes et modernes des géomètres proprement dits dans le domaine élémentaire de leur science. L'ouvrage contient une étude très personnelle sur les principes de la géométrie par M. Wellstein (premier livre), un abrégé de trigonométrie, de géométrie analytique et de stéréométrie dû à M. H. Weber (première section du second livre, et troisième livre), enfin un exposé un peu long de la sphérique et de la trigonométrie sphérique, par M. W. Jacobsthal (seconde section du second livre).

Sommaire. *Premier livre : les principes de la géométrie, par J. Wellstein* (pp. 1-301). *Introduction* (pp. 3-4) : l'auteur déclare ne pas vouloir faire un exposé systématique de la géométrie, mais discuter surtout la portée de chacune des hypothèses fondamentales qui sont la base de cette science.

(1) Second volume de l'*Encyclopädie der Elementar-Mathematik*. Ein Handbuch für Lehrer und Studierende von H. Weber und J. Wellstein, Professoren in Strassburg. Leipzig, Teubner. Le tome I, contenant l'Algèbre élémentaire et l'Analyse par H. Weber, a paru en 1903, le tome III, contenant les applications, entre autres la mécanique et la géométrie descriptive, en 1907.

I. *Critique des concepts fondamentaux* (pp. 5-27). 1. Historique (exact, avec çà et là de petites inexactitudes; même remarque pour les autres indications historiques contenues dans l'ouvrage); métagéométrie (cette désignation est de Leibniz). 2-4. Critique des concepts : point, ligne, surface; droite, plan, parallèle; mouvement et égalité. Au premier abord, l'auteur semble empiriste, mais, au fond, il emploie comme tout le monde tous les concepts qu'il déclare incomplètement définis. 5. Constructions de Steiner au moyen de la règle et d'une seule circonférence donnée avec son centre. 6. La géométrie naturelle. L'auteur appelle ainsi la *géométrie* d'apparence *réaliste* exposée dans les *Vorlesungen über neuere Geometrie* de Pasch, où de fait, comme dans tous les autres traités, on raisonne sur de purs concepts.

II. *La géométrie naturelle comme l'une des formes en nombre indéfini d'une géométrie de purs concepts ou métagéométrie* (pp. 28-147). 7. Géométrie naturelle, géométrie approximative, *analysis situs* (il aurait fallu citer ici Riemann, Jordan, Poincaré), métagéométrie. 8-11. Traduction de la géométrie euclidienne et des géométries non euclidiennes de Lobatchefsky et de Riemann, en une géométrie de cercles (ou de sphères) passant par un point fixe, que l'on exclut, par la pensée, de l'espace étudié. L'auteur montre que les axiomes de Hilbert s'appliquent aux figures qu'il a imaginées. 12. Traduction de la géométrie euclidienne en pure analyse. 13. Essence des concepts fondamentaux : la géométrie euclidienne ne renferme aucune contradiction, ni, par suite, les géométries non euclidiennes. 14. Intuition. Ces deux derniers paragraphes contiennent maintes considérations *transcendantes* (entre autres sur ou contre Kant, p. 141), où nous ne faisons qu'entrevoir des lueurs, faute de patience et d'application, sans doute. Dans une note à la fin de l'ouvrage, M. H. Weber (pp. 589-593) dit, à ce propos, qu'il n'est pas tout à fait d'accord avec M. Wellstein, sinon pour le fond, au moins pour la forme. Personnellement, sur les questions principales abordées dans cette section, nous trouvons qu'il est plus simple d'étudier dans Euclide, Lobatchefsky, De Tilly (ce dernier spécialement pour la géométrie riemannienne que l'on ne peut guère trouver ailleurs), Gérard (géométrie analytique non euclidienne), les trois branches naturelles de la métagéométrie que dans les ensembles compliqués de cercles et de sphères de M. Wellstein, ou dans la traduction

antérieure de Cayley, en géométrie projective. Au point de vue philosophique, Gauss (contre Kant), Lobatchefsky, De Tilly (sur la compatibilité logique de chacune des branches de la métagéométrie), sans compter les géomètres-philosophes italiens plus récents, ont dit, depuis longtemps, tout l'essentiel.

III. *La géométrie projective* (pp. 148-219). 15. Les axiomes ou postulats d'association et d'ordre relatif, en admettant que, réellement ou fictivement, deux droites d'un plan se rencontrent toujours, comme en géométrie riemannienne. 16. L'axiome de Dedekind et le théorème fondamental de la géométrie projective, démontré en utilisant au minimum la notion de continuité, d'après les idées de M. Hilbert. 17. Les propriétés projectives essentielles des coniques. 18. Métrique projective. 19. Bibliographie (avec des additions, pp. 601-602).

IV. *Planimétrie* (pp. 220-301). 20. Propositions fondamentales (d'après les vues de M. Hilbert). 21. Similitude comme cas particulier de la collinéarité. 22. Les aires (d'après MM. Hilbert et Gérard); le théorème de Pythagore (démonstration de Saint-Venant). 23. Polygones réguliers et cercle. 24. Théorèmes et problèmes sur le cercle, entre autres le problème du cercle tangent à trois autres. 25. Théorie élémentaire des coniques; pour la suite, l'auteur renvoie au petit manuel de Zeuthen.

Livre deuxième. Trigonométrie (pp. 303-438). V. *Trigonométrie plane et polygonométrie*, par M. H. Weber (305-339), §§ 26-35. L'auteur expose clairement et brièvement toutes les questions essentielles en dix paragraphes : les fonctions trigonométriques d'angles inférieurs à un droit, ou quelconques, auquel cas la tangente, la cotangente, la sécante et la cosécante sont définies par les relations tang $x = \sin x : \cos x$, etc. (comme M. Mandart l'a proposé); les formules fondamentales; la multiplication et la division des angles; le calcul des triangles, des quadrilatères; les points de Brocard; les polygones; le périmètre et l'aire des polygones réguliers. Le théorème de Simson dit de Stewart est donné sous la forme ordinaire et non sous la forme si utile $\lambda (x1)^2 + \mu (x2)^2 + \nu (x3)^2 = 1$, liant les distances d'un point quelconque x à trois points 1, 2, 3 d'une droite, λ, μ, ν, étant indépendants de x.

VI. *Sphérique et trigonométrie sphérique*, par W. Jacobsthal (pp. 340-438). §§ 36-56. On trouve dans cette section non seulement les questions traitées habituellement dans les manuels,

mais toutes les *complications* qui s'y introduisent, quand on considère des triangles dits de Mobius où les côtés peuvent varier de 0 à 2π et les angles être plus grands que deux droits mais inférieurs à quatre, mais aussi des triangles de Study où les côtés et les angles sont absolument quelconques. Nous n'avons pas rencontré la formule analogue au théorème de Simson-Stewart, $\lambda \cos(r1) + \mu \cos(x2) + \nu \cos(x3) = 0$, si importante en métagéométrie. Le § 83 (pp. 517-524), dans le livre suivant, est aussi dû à M. Jacobsthal; il traite de sphérique analytique et peut se rattacher à la présente section.

Livre troisième. Géométrie analytique et stéréométrie, par H. Weber (pp. 459-588). VII. *Géométrie analytique du plan* (pp. 441-516). §§ 57-61. Coordonnées; la droite, théorèmes de Ceva et de Menelaus. §§ 62-65. Le cercle, les arcs radicaux. §§ 66-69. Équations réduites des coniques. §§ 70-82. Propriétés générales des courbes du second degré, tangentes, asymptotes, axes, diamètres conjugués, centre, cercle de courbure, normales menées d'un point quelconque.

VIII. *Points, plans et droites dans l'espace* (pp. 525-538, §§ 84-87). IX. *Volumes et aires* (des polyèdres et des corps ronds) (pp. 539-557, §§ 88-93). X. *Groupes de rotation et polyèdres réguliers* (pp. 558-571, §§ 94-97). Exposé rapide, à la fois, clair et savant, des principales propositions de la géométrie solide. Au § 93, à propos de la surface du cylindre, l'auteur signale la célèbre remarque de M. Schwarz sur la non-existence d'une limite pour l'aire des polyèdres *quelconques* inscrits dans une surface, quand les facettes décroissent indéfiniment. Le § 95, sur les groupes définis de rotation, ouvre une perspective sur des questions d'ordre supérieur. Il en est de même en plusieurs autres endroits. M. Weber le fait de manière à éclairer — et non à obscurcir, sous prétexte de les approfondir — les questions élémentaires auxquelles il rattache ses observations.

XI. *Géométrie analytique de l'espace* (pp. 572-588, §§ 98-103). Aperçu vraiment trop sommaire : coordonnées, directions dans l'espace, équation du plan, volume du tétraèdre, quadriques, aire de l'ellipse, volume de l'ellipsoïde. Ici, comme dans la section IX, M. Weber obtient le volume par le principe dit de Cavalieri, que l'on vient de retrouver chez Archimède : *deux corps ont des volumes égaux quand leurs sections par des plans paral-*

lèles ont des aires égales, admis comme postulat. Soit dit en passant, Cavalieri (1591 ou 1598-1647) n'était pas jésuite; il appartenait à l'ordre des *jésuAtes*, qui n'existe plus.

Index (pp. 594-600).

Comme on le voit par l'analyse qui précède, l'Encyclopédie de la géométrie élémentaire de MM. Wellstein, Jacobsthal et Weber manque d'unité; les matières nous en paraissent distribuées dans un ordre singulier, parce que nous sommes convaincus qu'il est impossible d'établir une géométrie projective (nous ne disons pas une énumération qualitative de lettres appelées points) avant une géométrie métrique. Par suite, nous pensons que les étudiants proprement dits, les aspirants au doctorat en sciences mathématiques, ne pourraient pas retirer grand profit de la partie du livre qui est l'œuvre de M. Wellstein, parce que les vues trop particulières que l'auteur y expose ne sont guère accessibles que si l'on connaît au moins les ouvrages de M. Pasch et de M. Hilbert sur les bases de la géométrie. La trigonométrie sphérique de M. Jacobsthal est aussi trop encombrée de formules rarement utiles pour que l'on puisse en conseiller la lecture à ceux qui n'ont pas absolument besoin de ces formules. Au contraire, les professeurs déjà au courant des travaux récents sur la géométrie, s'ils ont la patience d'étudier à fond la partie de l'Encyclopédie due à MM. Wellstein et Jacobsthal, y rencontreront des vues nouvelles, parfois paradoxales sur les principes de la science de l'espace, voire sur la trigonométrie sphérique, qui leur suggéreront peut-être de nouvelles recherches.

Quant aux sections de l'Encyclopédie, qui sont l'œuvre de M. Weber, on peut évidemment les recommander, à des titres divers, aux maîtres et aux étudiants, comme tout ce qui sort de la plume de l'éminent géomètre de Strasbourg.

P. Mansion.

IV

De uitvinding der Verrekijkers. Eene bijdrage tot de beschavingsgeschiedenis door C. de Waard Jr. Uitgegeven met steun van het Zeeuwsch Genootschap der wetenschappen. — La Haye, H. L. Smits, 1906. Un vol. in-8° de viii-340 pages (1).

Les premières lunettes astronomiques n'étaient, on le sait, que de simples longues-vues de grandes dimensions, construites à oculaire concave et objectif convexe, suivant la combinaison de lentilles encore adoptée aujourd'hui pour les jumelles de théâtre.

Qui en fut le premier inventeur?

Question obscure et épineuse s'il en fut, débattue en tous sens, sans avoir jamais été résolue d'une manière définitive! Roger Bacon, Léonard Diggs, Frascatoro, Jean-Baptiste Porta, Galilée, Jacob Metius, Lipperhey, Zacharie Janssen, — voilà autant de noms qui trouvèrent des avocats pour plaider leurs droits de priorité. Et quels ardents avocats! S'ils défendaient toujours leurs clients avec une sincérité et une conviction dignes d'éloges, ils y mirent cependant bien des fois toute l'acrimonie d'une passion aveuglée par l'amour-propre national.

Qui fut donc le premier inventeur de la lunette?

Mais tout d'abord, en formulant le problème en ces termes, est-il bien posé?

Il semble que non.

La lunette n'est pas un instrument fabriqué un beau jour de toutes pièces dans le secret du laboratoire. L'observation des déviations des rayons lumineux dans un milieu diaphane est le fait du premier venu. Elle est probablement aussi ancienne que le monde et conduit vite à imaginer des jeux de lentilles capables de corriger les faiblesses de la vue.

Sans examiner l'antiquité et le moyen âge, qui ne se rappelle,

(1) Le mémoire de M. de Waard est écrit en hollandais, mais l'auteur en a donné lui-même un très court résumé, en français, dans Ciel et Terre (t. 28, Bruxelles, 1907), sous le titre de *L'Invention du Télescope*. En outre, le mémoire a donné lieu à un compte rendu fort étendu de M. A. Favaro, disons mieux, à une véritable étude ayant l'importance d'un travail original publiée dans les Atti del reale Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti (t. LVI, 2e part., Venise, 1906), sous le titre de *La invenzione del telescopio secondo gli ultimi studi*.

par exemple, ce passage célèbre de la *Magia naturalis* de Porta écrit dès 1569? (1)

« Une lentille concave diminue les objets éloignés, mais les éclaircit. Une lentille convexe grossit les objets rapprochés, mais les rend troubles. En combinant convenablement ces deux lentilles, on peut agrandir et voir distinctement aussi bien les objets rapprochés que les objets éloignés. J'ai rendu par là de grands services à des amis dont la vue était mauvaise et je les ai mis en état de voir très nettement. »

Est-ce à tort qu'on a cru lire dans cette phrase une description de la lunette astronomique? Non, et cependant sous cette forme toute fruste et rudimentaire qui pourrait, de bonne foi, reconnaître déjà l'appareil de précision qui permit à Galilée d'observer les phases de Vénus et les satellites de Jupiter?

La grossière combinaison de lentilles de Porta, loin de former un instrument étudié et soigné, peut fort bien avoir été trouvée par l'effet d'un pur hasard. Et en effet, c'est au hasard, c'est à des observations étonnées et naïves de jeunes enfants de verrier jouant ensemble dans l'atelier paternel, que l'histoire ou la légende a maintes fois attribué la découverte de la lunette.

Encore une fois, cela n'a rien d'invraisemblable en soi.

Peu importe au surplus cette manière de voir, car je veux simplement retenir ici une chose incontestable en toute hypothèse, savoir la grande notoriété bientôt acquise à l'expérience de Porta par l'universelle diffusion de la *Magia naturalis* (2). Cette expérience devait donc inévitablement donner lieu à des tentatives de contrôle et à des essais d'amélioration.

C'est bien ce qui arriva et le vrai problème est par conséquent celui-ci :

Quel savant, partant de l'idée de Porta, parvint le premier à réaliser une lunette usuelle et pratique? Quel est surtout celui qui la perfectionna assez pour en faire un appareil de précision capable de servir aux recherches scientifiques?

C'est Hans Lipperhey de Wesel, citoyen de Middelbourg,

(1) L'édition de 1569 est devenue fort rare. Je cite le passage d'après *Io. Bapt. Portae Neapolitani Magiae Naturalis Libri XX. Ab ipso authore expurgati, et superaucti, in quibus scientiarum naturalium diuitiae et delitiae demonstrantur.....* Neapoli. Apud Horatium Saluianum. D. (*sic*) D. LXXXVIII. Lib. 17, ch. 10, p. 269.

(2) Sur les nombreuses éditions et traductions de la *Magia Naturalis*, voir Houzeau et Lancaster, *Bibliographie générale de l'Astronomie*, Bruxelles, 1887, t. I. 1re part., p. 587.

répondent, avec leur compatriote van Swinden (1), les historiens hollandais.

Leurs arguments ont fini par conquérir insensiblement l'adhésion à peu près générale :

« Dès l'apparition de la lunette, dit Poggendorf dans son *Histoire de la Physique* (2), l'invention en fut attribuée aux Hollandais, sinon avec une certitude entière, du moins avec une très grande probabilité... Il ne s'agit plus maintenant que de savoir qui, dans ce pays, doit être considéré comme l'inventeur, parmi les trois personnes qui sont désignées comme telles. »

Passant alors en revue Jacob Metius, Zacharie Janssen et Lipperhey, Poggendorf discute leurs titres respectifs; puis, se ralliant à l'avis de van Swinden, il se prononce pour Lipperhey.

C'est ce jugement, universellement accepté depuis van Swinden et Poggendorf, qui est aujourd'hui frappé d'appel par M. de Waard. Le mémoire solidement documenté qu'il nous donne dans ce but, prouve que le procès est à reprendre en entier.

M. de Waard était bien placé pour se charger de cette revision. Comme Zacharie Janssen et Lipperhey, le jeune savant hollandais est Middelbourgeois. Un accès large et facile aux archives de sa ville natale lui a fait découvrir des pièces importantes et nombreuses relatives à ses deux célèbres compatriotes. Ce sont notamment les minutes originales des pièces, base principale de la discussion, publiées dans l'ouvrage fameux de Pierre Borel, *De vero telescopii inventore* (3). Mais il y a mieux, aux pièces connues depuis longtemps en étaient jointes d'autres fort intéressantes qui les commentent et les expliquent.

On se rappelle les péripéties assez étranges de la composition de l'ouvrage de Borel.

Pierre Borel, né à Castres, en 1628, et par conséquent de

(1) *Geschiedkundig onderzoek naar de eerste Uitvinders der Verrekijkers*, uit de aanteekeningen van wyle de hoogleeraar van Swinden, zamengesteld door G. Moll. Nieuwe Verhandelingen der Eerste Klasse van het Koninklijke Nederlandsche Instituut van wetenschappen, letterkunde en schoone kunste te Amsterdam. 3 deel. Amsterdam, 1831.

(2) *Histoire de la Physique, cours fait à l'Université de Berlin* par J.-C. Poggendorf. Traduction de MM. E. Bibart et G. de la Quesnerie, professeurs agrégés de l'Université. Paris, Dunod, 1883, p. 108.

(3) *De vero Telescopii inventore, cum brevi omnium conspiciliorum historia. Ubi de eorum confectione, ac usu seu effectibus agitur, novaque quaedam circa ea proponuntur. Accessit etiam centuria observationum microscopicarum.* Authore Petro Borello, Regis Christianissimi Consiliario et Medico Ordinario. Hagae-Comitum, Ex Typographia Adriani Vlacq. M. DC. LV.

nationalité française, était médecin du roi Louis XIV. Il conçut, vers 1655, le projet d'écrire l'histoire de la découverte du télescope. Ses premières recherches lui indiquèrent comme inventeur probable de l'instrument, un Hollandais, Hans Lipperhey de Wesel, citoyen de Middelbourg (1). Or un homonyme de Pierre Borel, Guillaume Boreel, citoyen de Middelbourg comme Lipperhey, était alors, à Paris, envoyé des Provinces-Unies près le roi de France. Leurs charges à la cour du roi avaient mis Pierre et Guillaume en relations. Ce fut pour Pierre une chance heureuse. Il résolut d'en profiter et de se servir de la haute considération dont Guillaume jouissait à Middelbourg. Il le pria donc de l'aider à tirer au clair les origines du télescope (2).

Guillaume accepta et écrivit avec empressement aux Magistrats de Middelbourg pour leur demander copie des pièces, dépositions de témoins ou autres, établissant les droits de Lipperhey. Les Magistrats se mirent incontinent à l'œuvre, mais leur réponse, trahissant un certain embarras, n'était pas précisément celle qu'attendait Guillaume. Sans doute Lipperhey avait découvert la lunette. Aucun maître ne lui avait enseigné le mécanisme de l'instrument et il l'avait trouvé tout seul. A Middelbourg on en convenait. Mais un autre bourgeois de la cité, Zacharie Janssen, avait de son côté imaginé le même instrument et l'avait construit le premier.

Lipperhey ou Janssen, peu importait à Guillaume Boreel! Ce qu'il lui fallait, c'était Middelbourg! Nanti des documents qu'il a reçus, il parvient à convaincre Pierre Borel. Janssen devient ainsi le premier inventeur du télescope, et Lipperhey, passant au second rang, n'en est plus qu'un *deuxième inventeur*. « Zacharias Janssen sive Johannides primus conspiciliorum inventor. — Hans Lipperhey secundus conspiciliorum inventor.» Ce sont les propres termes des inscriptions écrites sous les deux beaux portraits placés en tête de l'ouvrage de Borel.

Le récit de Pierre Borel garde la trace de ces variations. Aussi,

(1) Voir Borelli, *De vero Telescopii inventore*, lib. I, c. XI, pp. 23 et 24; *De uitvinding der Verrekijkers*, lettre de Guillaume Boreel aux Magistrats de Middelbourg, pp. 10 et 11.

(2) En s'en tenant à la rigueur des termes de la dédicace de Pierre Borel, on pourrait croire que Guillaume a été le premier inspirateur de l'ouvrage. Mais nous ne voyons là qu'une simple politesse de l'auteur envers son illustre homonyme. La brusque volte-face de Guillaume s'explique, nous semble-t-il, beaucoup mieux si les démarches chez les Magistrats de Middelbourg ont été faites à la demande de Pierre Borel.

quoique très intéressant, est-il un peu entortillé et pas toujours fort clair. En y regardant de près, on y remarque même des impossibilités et de vraies contradictions avec certains faits bien établis. Elles paraissaient jusqu'ici insolubles, et van Swinden en profita autrefois pour se prononcer de nouveau en faveur de Lipperhey contre Janssen. On possède aujourd'hui la clef de ces difficultés, grâce aux documents publiés par M. de Waard.

La cause première de tout l'embrouillement est la manière dont Guillaume Boreel s'adresse aux Magistrats de Middelbourg. Il ne leur propose pas une enquête intégrale, mais, partant de l'idée fausse et préconçue que Lipperhey a pour lui tous les droits, il se contente de leur demander des preuves à l'appui de son client. Il y va de la gloire de Middelbourg!

La gloire de Middelbourg! Les Magistrats la désiraient comme Guillaume Boreel! Quant à l'inventeur du télescope, ils ne s'en étaient probablement jamais souciés! Aussi est-ce avec une surprise désagréable qu'ils entendent les premiers témoignages en faveur de Zacharie Janssen. Ils les actent en rechignant. L'intervention de ce personnage fâcheux ne va-t-elle pas tout gâter? Trop intègres pour supprimer tout bonnement les dépositions gênantes, ils cherchent néanmoins à en atténuer la portée et apostillent la plus concluante d'entre elles par ces mots : « Le témoin doit se tromper et a vraisemblablement des défauts de mémoire (1). »

Sans avoir aucun des effets fâcheux redoutés par les Magistrats de Middelbourg, ces dépositions eurent des conséquences considérables. A peine furent-elles connues par Guillaume Boreel qu'elles éveillèrent chez lui de lointains et très réels souvenirs. Zacharie Janssen, c'était un compagnon de jeux, un ancien ami d'enfance! Et lui, Boreel, il patronnait Lipperhey! Un supplément d'information lui montre clairement la priorité de son vieux camarade. Il se ravise brusquement, mais en parfaite connaissance de cause. C'est à bon escient qu'il reconnaît son erreur et prend en mains la défense des droits de Janssen contre Lipperhey. Voilà ce que les nouveaux documents publiés par M. de Waard mettent en pleine lumière.

Tous ces résultats, aussi curieux qu'imprévus, ne sont que la partie la moins importante du mémoire du jeune savant hollandais.

(1) « Dunkt ons dat hy sich abuseert en qualijck moet hebben onthouden. » *De uitvinding der Verrekijkers*, p. 16.

M. de Waard vient récemment d'avoir eu la main assez heureuse pour la mettre sur le Journal inédit d'Isaac Beeckman. Il se devait de compulser, au point de vue spécial de l'histoire des lunettes, ce manuscrit fameux dans l'histoire du cartésianisme. Beeckman avait été en relation avec Jean Sachariassen, fils de Zacharie Janssen, héritier de la boutique et du métier paternels. L'ami de Descartes, on le savait, s'était exercé au polissage des lentilles dans l'atelier du verrier de Middelbourg. D'histoire des lunettes au moment où Beeckman était l'apprenti de Sachariassen, il n'était pas encore question. Mais dans leurs longues conversations devant l'établi, maître et disciple ne s'étaient-ils jamais rien raconté qui pût éclaircir cette histoire?

Or, voici le propos perdu dont, à la date du 1er au 2 juin 1634, Beeckman croit devoir tenir note dans son journal :

« Jean Sachariassen dit que son père fabriqua dans ce pays-ci la première lunette, en 1604. Il la fit d'après un modèle, construit par un Italien, sur lequel on lisait l'inscription : *Anno 1590.* » (1)

Cette phrase projette un rayon lumineux sur toute cette période de l'histoire de la lunette.

Écartons d'abord une objection. Cette affirmation de Sachariassen, dit-on, contredit les dépositions qu'il a faites plus tard sur le même sujet.

D'accord. Mais, quand ce personnage âpre au gain, d'instruction médiocre, de moralité douteuse, quand Sachariassen dit-il la vérité?

Quand il n'a pas d'intérêt à la trahir. C'est évident.

Or, en 1634, il n'en a encore aucun. Plus tard le problème de l'invention de la lunette est posé et il cherchera à en tirer profit. Il tâchera de faire croire qu'il a collaboré à la découverte paternelle, mais son jeune âge s'y oppose. Il se vieillira donc sans scrupules de plusieurs années, arrangera les événements, intervertira les dates, se donnera de l'importance, pour tâcher de ramener en partie à lui la gloire de la fabrication de la lunette. Aussi, dans son premier récit tout s'enchaîne et s'explique; dans le second, les contradictions abondent tellement que van Swinden, nous l'avons dit, crut devoir en revenir à Lipperhey.

Le propos de 1634, voilà donc ce qu'il nous faut retenir chez Sachariassen. Le premier télescope hollandais fut construit, en 1604, par Zacharie Janssen, son père, et il le fut sur le modèle d'un télescope italien.

(1) *De uitvinding der Verrekijkers*, p. 125.

Faut-il ajouter que ce dernier trait a pour lui tous les caractères de la vraisemblance?

En 1604, les Italiens jouaient depuis plusieurs années un rôle important dans toutes nos provinces. Un Génois illustre, le marquis Ambroise de Spinola, commandait les armées des archiducs devant Ostende, et ses compatriotes étaient accourus en foule à sa suite dans les deux camps ennemis, chercher fortune au Pays-Bas. A la même date, les verreries de Middelbourg faisaient une rude concurrence à celles de Venise et les maîtres verriers hollandais ne reculaient devant aucun sacrifice d'argent pour embaucher des ouvriers italiens. Rencontrer, dans un simple atelier de Middelbourg, un chef-d'œuvre de l'art des lunettiers de la péninsule, voilà ce qui n'avait alors rien de bien étonnant.

Cela étant, que d'habiles artisans comme Janssen et Lipperhey réussissent, presque simultanément et sans s'être concertés, à imiter un appareil compliqué dont ils ont vu le modèle, c'est ce qui arrive encore tous les jours; simple question d'adresse manuelle et de technique de métier. Mais qu'ils inventent, dans les mêmes circonstances, un instrument basé sur une théorie abstraite et difficile, ceci devient invraisemblable; disons plus, c'est impossible.

Et dans quel but travaillent-ils? Pour l'avancement de la science?

Non, mais pour faire de l'argent; tous les documents exhumés par M. de Waard le démontrent. On rencontre Janssen, marchand ambulant, offrant des lunettes parmi d'autres articles de quincaillerie, à une foire d'automne de Francfort. On voit Lipperhey présentant à plusieurs reprises des longues-vues aux États de Hollande, et tâchant d'en obtenir en échange de bons écus sonnants. Janssen, Lipperhey, tous deux sont des commerçants remuants et peinants pour assurer des débouchés à leur marchandise. Mais voilà ce qui explique suffisamment l'universelle et d'ailleurs très légitime réputation de la lunette hollandaise. Quant à l'invention scientifique de cette lunette, il faut savoir le reconnaître, elle est due aux Italiens.

C'est la conclusion de M. de Waard. Le savant hollandais mérite tous les éloges pour avoir su la tirer des prémisses sans réticences, mettant ainsi résolument la vérité au-dessus de l'amour-propre national (1).

(1) Je signalerai une erreur de détail dans le mémoire de M. de Waard. A la page 271, il parle d'une lettre adressée de Rome, le 23 juillet 1611, par Grégoire de Saint-Vincent au P. Jacob *van der Maeten*, à Bruges. Le nom du desti-

Pour terminer, il nous faut enfin résoudre un dernier problème.

Quel était le degré de perfection et surtout quelle était la puissance de la lunette hollandaise comparée aux lunettes construites, à la même date, par Galilée?

Cette question a été traitée moins à fond, par M. de Waard, que les précédentes, mais elle vient en revanche de tenter l'érudition de M. A. Favaro. Dans l'important et très intéressant compte rendu qu'il a donné du mémoire de M. de Waard, l'éminent éditeur de Galilée a réuni plusieurs témoignages très probants tendant à établir la supériorité de la lunette de Galilée sur la lunette hollandaise.

Cette conclusion sera-t-elle définitive?

Nous l'ignorons, car, le patriotisme aidant, Janssen et Lipperhey trouveront probablement encore des défenseurs. Avant de nous prononcer en dernier ressort, nous voudrions entendre la réplique de leurs avocats.

N'importe, la victoire finale de Galilée nous paraît cependant, dès à présent, à peu près certaine. Entre un homme de génie poursuivant avec opiniâtreté un but scientifique et de simples artisans guidés par l'amour du lucre, la partie est inégale et l'avantage semble, *a priori*, devoir rester au savant. Ce sera là, croyons-nous, le jugement de l'histoire.

H. Bosmans, S. J.

nataire est inexact. La lettre originale de Saint-Vincent fut retrouvée jadis, par le P. Waldack, S. J., aux Archives de l'État à Gand. Versée, en 1876, au dépôt de l'État à Bruges, avec les autres pièces concernant l'ancien Collège de la Compagnie de Jésus dans cette ville, elle s'y trouve actuellement. L'adresse de cette lettre porte : « Reverendo in Chro Patri Jacobo *Stratio* Rectori Collegii Brugensis, Brugas in Flandria. » Stratius doit se traduire *van der Straeten*. J'ai publié la lettre de Saint-Vincent, en entier, dans mes *Documents inédits sur Grégoire de Saint-Vincent*, Ann. de la Soc. Scientifique. Bruxelles, 1903, t. XXVII, 2e partie, pp. 23-25.

V

ÉCONOMIE FORESTIÈRE, par G. HUFFEL, inspecteur des Eaux et Forêts, professeur à l'École nationale des Eaux et Forêts.

Tome Ier : *Utilité. Propriété et législation. Politique forestière. La France forestière. Statistiques.* Un vol. gr. in-8° de IX-422 pages, 1904.

Tome II : *Dendrométrie. Formation du produit forestier. Estimations et expertises.* Un vol. gr. in-8° de XIII-484 pages, 1905.

Tome III : *Notions préliminaires à l'aménagement. Méthodes forestières d'autrefois. Méthodes actuelles d'aménagement.* Un vol. gr. in-8° de VIII-510 pages, 1907. Paris, Lucien Laveur.

I. — Du contenu du premier de ces trois volumes, nous nous sommes grandement inspiré dans la rédaction de deux articles publiés ici-même, le premier, en juillet 1905, sous ce titre : *Utilité économique des forêts;* le second, en juillet et octobre 1906, avec cet intitulé : *La Forêt gauloise, franque et française.* Il suffira donc ici, d'en retracer le plan et de mentionner quelques détails qui avaient été négligés dans les articles susdits.

1. Il comprend trois ÉTUDES, la première ayant pour objet spécial, l'Utilité des forêts à tous les points de vue : économique, hydrologique, climatérique, physiologique, etc.

2. La seconde traite d'abord de la constitution de la propriété forestière avec tout ce qui s'y rattache; en second lieu, de la législation qui lui a été affectée aux différentes époques, depuis les temps gallo-romains et mérovingiens jusqu'à nos jours. Elle s'occupe aussi des législations toutes récentes concernant l'Algérie, l'Indo-Chine et Madagascar.

3. La troisième ÉTUDE se présente avec le titre un peu inattendu de « *Politique* » *forestière* et comprend trois subdivisions, l'une sur la « Politique » douanière, une autre sur les forêts relativement à l'intérêt général, et la troisième sur l'organisation du service forestier.

La « Politique douanière » expose les effets favorables ou défavorables, suivant les cas, des droits grevant, à l'entrée, les bois étrangers importés en France. Il faut que ces droits ne soient, en ce qui concerne les bois ronds ou bruts, ni trop élevés ni trop faibles : trop faibles, ils amèneraient une dépréciation de la marchandise qui serait la ruine des propriétaires de bois; trop élevés, ils produiraient une majoration des prix qui inciterait lesdits

propriétaires à jeter sur le marché, au grand préjudice de l'avenir de la propriété elle-même, tous leurs bois exploitables.

Il n'en va plus de même pour les bois importés qui nous arrivent ouvrés, façonnés à l'étranger. Ici la matière n'est plus première, elle est majorée de toute la main-d'œuvre qui lui a été appliquée. Ne pas grever ces bois à leur entrée, ou les grever de droits insuffisants, ce serait accorder, au préjudice du travail national, une prime au travail étranger.

4. Rien à dire de la quatrième Étude. Il y est question des forêts au point de vue général, de l'organisation administrative et de la condition des forêts en France autrefois et aujourd'hui, toutes questions dont nous avons entretenu nos lecteurs dans les articles précités. Mentionnons seulement la *Statistique forestière* par laquelle se clôt le tome Ier, et qui s'étend non seulement à la France européenne, mais aussi à nos colonies, et même, bien que d'une manière plus restreinte, aux pays étrangers.

II. — Le tome second d'*Économie forestière* comprend les cinquième, sixième et septième Études.

5. De ces trois études la première a pour sujet la *Dendrométrie*, titre qui implique des connaissances beaucoup plus étendues qu'un simple traité de cubage. Après un avant-propos où l'auteur trace un historique des différents procédés employés, antérieurement au XIXe siècle, pour mesurer et estimer les bois abattus, il entre dans le vif de son sujet qui n'occupe pas moins de 160 pages. D'abord le cubage des bois abattus : arbres en grume, bois empilés, écorces. Sur les premiers, une évaluation théorique et rigoureuse amène à considérer les arbres comme des paraboloïdes ou troncs de paraboloïdes de révolution, ou bien comme des troncs de cônes, et à leur appliquer les savantes formules de Newton ou de Neil. Cette partie de la dendrométrie, traitée avec une science consommée, est suivie des « cubages réduits du commerce », lesquels appuyés, au moyen d'approximations suffisantes dans la pratique, sur les données de la géométrie élémentaire, sont à la portée d'un beaucoup plus grand nombre de lecteurs.

Le cubage des arbres sur pied suit celui des arbres abattus. Celui-ci est surtout l'affaire de l'acheteur, du marchand de bois; celui-là incombe plus encore au vendeur, qu'il soit le propriétaire ou son agent. Il est aussi plus délicat. L'évaluation du diamètre des arbres se fait à l'aide du compas forestier; celle des hauteurs à l'aide du dendromètre, petit instrument dont la forme varie à l'infini : toutefois, après un certain temps d'exercice, le

praticien arrive assez promptement à évaluer la hauteur des arbres, soit totale, soit propre au service, à simple vue. Muni des hauteurs et des diamètres à hauteur d'homme, et ayant évalué la loi de décroissance pour en déduire le diamètre moyen, le forestier possède les données nécessaires pour calculer les volumes. Ce sont là les généralités. Suivant les essences, le mode de croissance ou le système d'aménagement adopté, il y a des différences de détail dans la manière de procéder.

Ce qui précède concerne le cubage des arbres considérés individuellement et mesurés pied à pied.

Quand il s'agit de cuber des peuplements entiers, comme, par exemple, dans le cas de coupes principales dans une forêt traitée en futaie pleine, on procède assurément des mêmes principes que pour les arbres considérés isolément, mais on les applique suivant des méthodes différentes. L'établissement de tarifs pour chaque nuance tranchée de peuplement, lesquels s'obtiennent par la mensuration très exacte d'un nombre suffisant d'arbres abattus dans chaque catégorie, est la base de ces sortes d'opérations très minutieuses et très complexes.

6. Toute production, qu'elle ait pour base la nature elle-même comme toutes celles qui proviennent de la terre, ou le travail de l'homme, comme celles qui résultent de l'industrie proprement dite, met en œuvre le concours de trois facteurs qui sont : ce même travail de l'homme, les forces de la nature et ce troisième agent si décrié par une certaine école : le capital. Comme tous les autres, le produit forestier résulte de ces trois facteurs.

D'une manière générale, en économie forestière, la part de l'homme dans la formation du produit forestier est la moindre. La proportion en varie toutefois suivant le mode d'exploitation et la nature des produits à obtenir. Minime dans le cas d'une vieille sapinière jardinée ou d'un taillis simple, par exemple, elle sera beaucoup plus considérable dans une pineraie soumise au résinage, dans une forêt de chênes-lièges, ou dans un aménagement impliquant la régénération artificielle.

Bien plus considérable, en tout cas, est la part de la nature; et l'étude des lois suivant lesquelles elle fonctionne est d'une grande importance, soit qu'il s'agisse du mode d'accroissement des arbres en hauteur et en diamètre, crûs isolément ou en massif, ou de leur développement en volume et du taux de cet accroissement suivant l'âge des arbres, ou enfin des opérations culturales dont, considérés en massifs ou peuplements, ils auront été l'objet.

Le capital forestier implique divers éléments. Il comprend d'abord, comme dans toute industrie proprement dite ou agricole,

ce qui est affecté au paiement de la main-d'œuvre, le *roulement;* puis le capital proprement dit qui se compose du *fonds*, c'est-à-dire du sol supposé dépouillé de son peuplement et contenant les souches productives de rejets, les graines tombées des arbres et en voie de germination, l'humus résultant des feuilles mortes et autres débris végétaux en décomposition, etc. ; enfin de la *superficie*, c'est-à-dire de tout le matériel sur pied, arbres et cépées constituant le peuplement de la forêt.

Cette dernière partie du capital forestier est, de beaucoup, la plus importante. Elle est elle-même fort complexe en même temps que vraiment épineuse, vu la difficulté d'établir une distinction nette et tranchée entre ce qui, dans le peuplement, constitue le capital, c'est-à-dire le matériel permanent, et ce qui constitue le revenu, c'est-à-dire la production annuelle de la végétation. D'autre part, le point de vue et le mode d'opérer changent suivant qu'on exploite des arbres isolément comme dans une futaie jardinée ou une futaie sur taillis, ou qu'on exploite par peuplements comme dans des éclaircies de futaies pleines et dans les taillis, ou encore que l'on use simultanément de ces deux modes. De là trois formes d'exploitation, la troisième étant composée des deux autres, ou mixte.

Le capital étant pleinement défini et reconnu dans chaque forme d'exploitation, il s'agit d'en déduire le revenu, autrement dit, d'établir la relation de l'un à l'autre. Cette relation varie suivant les modes d'exploitation et d'aménagement. Sans entrer dans le détail à ce sujet, signalons ce point important, à savoir que le *taux* de l'intérêt est d'autant plus faible (en même temps d'ailleurs que le revenu d'autant plus fort généralement) que les âges d'exploitation sont plus élevés.

7. L'estimation en fonds et superficie d'une forêt, soit en vue d'achat ou en vue de vente, est une opération laborieuse autant que délicate. Il faut tenir compte des modalités de la valeur et, dans sa détermination, du taux de capitalisation et de sa variabilité, apprécier le revenu antérieur et le revenu futur; procéder successivement à l'évaluation du fonds, puis à celle de la superficie; dans celle-ci considérer ensemble la valeur dite de consommation, c'est-à-dire la valeur présentement exploitable et la valeur d'avenir, c'est-à-dire relative au taux d'accroissement pour le cas où le bois devrait être laissé sur pied durant un nombre d'années déterminé. Tout cela demande des recherches et des calculs approfondis.

Non moins ardues sont, en matière forestière, les expertises.

Ici les considérations de droit s'ajoutent aux considérations d'ordre technique. Une expertise peut être provoquée pour atteinte ou dommage causé à la propriété ou bien en vue de régler un différend entre propriétaire et usagers ou entre nu-propriétaire et usufruitiers. Dans le premier cas il peut s'agir de dommages intéressant le domaine entier, fonds et superficie, ou n'affectant que celle-ci.

En matière de droits d'usage ou d'usufruit, le point litigieux est, pour les premiers, dans la limitation de ces droits suivant la teneur juridique de leur titre et la possibilité de la forêt; pour l'usufruit, dans la détermination de la limite séparant le revenu, qui appartient à l'usufruitier, du capital, auquel il n'a pas droit de toucher.

Ce sont là toutes opérations assez scabreuses pour lesquelles on trouvera un guide sûr et lumineux dans la septième Etude, au tome II de l'*Économie forestière*.

III. — La question, si importante en sylviculture, de l'aménagement fait l'objet des trois Études VIII, IX et X, composant le tome III et dernier de l'*Économie forestière*.

Les définitions et données générales sur les éléments qui doivent entrer dans l'établissement de tout aménagement; les méthodes forestières d'autrefois; et enfin l'aménagement des forêts comme il se comprend et s'applique aujourd'hui: tels sont les sujets de ces trois dernières Études. Entrons dans quelque détail sur chacune d'elles.

8. Appliqué aux forêts, le mot *aménagement* a toujours désigné les opérations destinées à en améliorer la production et à y mettre de l'ordre. Mais ces opérations n'ont pas toujours été comprises de la même manière. En notre temps, l'aménagement d'une forêt consiste dans l'ensemble des opérations tendant à régler son exploitation, à établir un règlement pour cette exploitation.

L'utilité de ces règlements se manifeste surtout par l'établissement de ce qu'on appelle le *rapport soutenu*, et qui doit en être la conséquence. On entend par « rapport soutenu », l'égalité ou au moins l'équivalence des revenus annuels soit en matériel, soit en argent. Cette égalité est un idéal auquel l'aménagiste doit tendre, vu son utilité à tous les points de vue, économique, commercial, cultural même; et l'auteur d'*Économie forestière* a raison d'insister en ce sens. Cependant il ne faudrait pas, à notre avis, être esclave de ce résultat. Je veux dire que, vu l'impossibilité

d'arriver à une rigueur d'égalité que la nature des choses ne comporte pas, il suffit d'approcher du rapport soutenu suivant une approximation raisonnable, sans lui subordonner d'une manière absolue d'autres considérations de non moindre importance, dût-on quelquefois le sacrifier en partie.

Dans un autre ordre d'idées, l'aménagiste doit observer, pour l'assiette des coupes, certaines règles, notamment, malgré les inconvénients qu'elle peut avoir, l'assiette de proche en proche, chaque coupe devant être, autant que possible, adjacente à celle de l'année précédente, comme à celle de l'année suivante. Il doit, autant que faire se peut, orienter la direction de ses coupes de manière à les soustraire à l'action des vents dominants, ou au moins à en atténuer les effets sur les arbres, afin de limiter le plus possible le nombre des *chablis* (1). Néanmoins l'éventualité des chablis probables doit toujours être prise en considération dans un projet d'aménagement.

Un élément fondamental encore est la détermination de la *possibilité*, autrement dit, de la quantité de marchandise que la forêt peut produire annuellement sans diminuer le total de son matériel sur pied. Elle représente la *quotité* du revenu et peut se mesurer par diverses unités : surface, nombre d'arbres, volume à exploiter. De là trois modes principaux de possibilité : par *contenance,* par *pieds d'arbres*, par *volume.*

La possibilité par *aire* ou contenance est de beaucoup la plus ancienne. Pendant de longs siècles nos ancêtres n'en connurent pas d'autre; ils l'appliquaient même aux forêts traitées en futaie pleine, cela s'appelait alors « exploiter à *tire et aire* » (2). Ce mode de possibilité n'est considéré comme admissible que pour

(1) *Chablis* = arbres renversés ou brisés par les vents, et, par extension, tous arbres déracinés ou brisés par causes naturelles : vent, foudre, neige, verglas, etc. L'étymologie de ce mot viendrait de *capulare* ou *capellare*, dont la signification en bas latin serait : casser, briser.

(2) La VIIIe Étude de M. Huffel nous met à même d'expliquer le sens de cette expression *tire et aire* d'une manière différente de celle que nous avions cru devoir adopter (Cf. Rev. des Quest. scient., octobre 1906, p. 435, et Annales, t. XXXIII, 2e partie, 1899). Le mot *tire* ne nous représentant pas d'autre sens que celui de la troisième personne du présent de l'indicatif du verbe *tirer*, il nous semblait que *tire et aire* devait être une corruption de *tire à aire* ou de *tirer aire*. Mais il paraît que, dans l'ancien langage, *tire* était une manière de substantif qui, ajouté aux mots exploiter ou faire la coupe, de cette manière : exploiter, faire la *coupe à tire*, — signifiait exploiter de proche en proche. Moyennant cette version, le terme *tire et aire* a une explication toute naturelle, qui est celle-ci : *de proche en proche et par contenance.* Il a fallu les recherches approfondies de M. Huffel dans les antiques archives de la vieille France pour nous fournir une étymologie plausible de *tire et aire.*

l'exploitation des taillis. Quand, sous le régime de l'ordonnance de 1669, on exploitait les futaies par surfaces en bandes étroites que devaient réensemencer les graines tombées des arbres voisins, ce mode a pourtant réussi dans le centre, l'ouest et le sud-ouest, pour les essences dites de lumière, telles que le chêne et les pins sylvestre et maritime. Et de fait, les plus belles futaies de chêne que le XIXe siècle a trouvé à exploiter, nous sont venues de là. Mais ce mode de procéder, qui était alors un progrès considérable sur l'état antérieur, a été très avantageusement remplacé par la méthode dite naturelle dont nous parlons plus loin. Quoi qu'il en soit, la possibilité par contenance convient essentiellement aux taillis et ne convient guère qu'à eux. On avait déjà compris, jadis, que ce mode de traitement était impraticable dans les forêts d'arbres résineux, et notamment en montagne, et M. Huffel cite un règlement du 27 juin 1613 interdisant, dans ces forêts, d'autre mode d'exploitation que celui des coupes jardinatoires.

Or, à ce dernier correspond la possibilité par pieds d'arbres ; non pas nécessairement, mais en raison de son extrême simplicité dans l'application. Toutefois ce genre de possibilité, d'après notre auteur, ne serait pas à recommander parce que le calcul en est des plus aléatoires, d'une part, et d'autre part en raison de la grande irrégularité des peuplements, par suite de quoi le rendement peut varier considérablement d'une année à l'autre, surtout en montagne.

Reste la possibilité par volume également applicable aux exploitations d'arbres (forêts jardinées) et aux peuplements de futaies, qu'il s'agisse de la méthode du réensemencement naturel ou par coupes à blanc étoc et repeuplement artificiel.

Ce n'est qu'au commencement du XVIIIe siècle (1721) qu'on entendit parler pour la première fois de possibilité par volume, par l'organe du naturaliste Réaumur. L'Allemagne lui fit accueil quelques années après, et ce ne fut qu'au XIXe siècle qu'elle pénétra en France. L'auteur signale deux systèmes pour calculer la possibilité par volume, suivant qu'on s'appuie sur la notion d'accroissement combinée avec la durée de la révolution, ou sur cette même notion combinée avec celle du matériel normal.

Bien supérieure, généralement parlant, à la possibilité par pieds d'arbres, la possibilité par volume est essentiellement celle qui est préférée pour les futaies. Ce n'est pas qu'elle n'ait aussi ses inconvénients (quand ce ne serait que celui d'obliger le plus souvent à en renouveler les calculs tous les dix ans) et

M. Huffel ne les dissimule pas. Nous les avons signalés naguère à la Société Scientifique de Bruxelles, dans sa session de 1899 (Annales, t. XXIII, 2e partie); nous n'y reviendrons pas. Rappelons seulement qu'il est possible de combiner, en une certaine mesure, le *rapport soutenu*, dans une forêt traitée en futaie régulière, avec la possibilité par contenance, ainsi que cela a été proposé par M. le conservateur des forêts Broilliard, en 1894 (1), et exposé par nous-même à la Société Scientifique comme il vient d'être dit.

Pour ne pas allonger démesurément cette analyse, nous ne nous étendrons pas sur les *fonds de réserve* objet du dernier chapitre de la VIIIe Étude. Ce fonds se prélève sur la possibilité; il est ordinairement du quart de celle-ci. Il peut être à assiette fixe ou mobile, convenant, dans le premier cas, aux forêts soumises à la possibilité par contenance; dans le second cas, à la possibilité par volume.

Là se terminent les *Notions préliminaires à l'aménagement*. Disons quelques mots des *Méthodes forestières d'autrefois*, objet de la IXe Étude.

9. L'auteur répartit ses méthodes en trois groupes : premièrement des Origines aux règlements forestiers datant du milieu du XVIe siècle, ensuite de cette époque jusqu'à la réformation proposée par Colbert en 1661, et de là à la suppression des maîtrises à la suite de la période révolutionnaire.

On ne sait rien des méthodes forestières des anciens Gaulois, si tant est qu'ils en eussent en dehors des cérémonies druidiques et de l'exercice du pâturage. Les Romains connaissaient les bois taillis, *sylvæ cæduæ*, *silvæ minutæ*. Aux temps gallo-romains et dans le haut moyen âge, la plupart des forêts dépendaient des domaines seigneuriaux des anciens *equites* et des chefs francs, qui se réservaient les chênes, les hêtres et les arbres fruitiers, laissant aux populations la faculté de couper, parmi les autres essences, le bois dont elles avaient besoin. Le mot *taillis* s'appliquait alors à toute espèce de jeune peuplement, qu'il eût crû sur souches ou de semis. Ce n'est qu'au XIXe siècle que ce mot a été détourné de son sens primitif pour s'appliquer exclusivement aux bois provenant de rejets de souches. Dralet, un auteur forestier de la première moitié du siècle dernier, employait encore

(1) *Le Traitement des bois en France*, 4e partie, chap. II. Paris et Nancy, Berger-Levrault, édit. — Mon regretté collègue Charles Prouvé, inclinait vers cette méthode en préconisant la régénération des futaies par repeuplement artificiel.

l'expression *taillis de sapin* à propos de jeunes massifs de cette essence (1).

A part les capitulaires des premiers carolingiens dont nous avons parlé précédemment et qui ne dépassent pas le IXe siècle, on ne connaît, durant toute la durée du reste du moyen âge, que quelques édits, ordonnances ou actes royaux relatifs à la jouissance des forêts; nous les avons mentionnés dans notre étude précitée. On est mieux renseigné en ce qui concerne l'important massif forestier de la région vosgienne partagé entre les ducs de Lorraine et diverses abbayes qui en exploitaient une partie au moyen de nombreuses scieries. Nous n'avons que peu de données, antérieurement au XVIIIe siècle, sur les sapinières jurassiennes et autres forêts de cette région. On sait seulement que, dans celles qui dépendaient de la riche abbaye de Saint-Claude, les vassaux prenaient à leur gré tous les bois qui leur convenaient. Beaucoup plus sagement étaient administrés ou « aménagés », durant le moyen âge, les *saltus* alpestres; nous en avons donné un aperçu d'après Ch. de Ribbes, en octobre 1906.

Ce n'est que vers le milieu du XVIe siècle que parurent les premiers règlements d'exploitation conformes au sens que nous donnons aujourd'hui au mot aménagement en matière de forêts. Antérieurement à cette époque, les édits et ordonnances de nos rois auxquels nous venons de faire allusion avaient beaucoup plus pour but de remédier à des abus innombrables, que d'établir de véritables règlements d'exploitation.

Nous ne saurions entrer dans le détail de toutes les *réformations*, règlements et aménagements, tant des taillis que des réserves sur taillis et des futaies, objet de ces règlements divers, témoignant de l'intérêt que les pouvoirs publics d'alors attachaient à la conservation et à la bonne gestion de la propriété forestière. Malheureusement le relâchement des mœurs administratives, commencé sous la néfaste régence de Catherine de Médicis, à laquelle, occupés à d'autres soins, ne remédièrent ni Richelieu, ni Mazarin, fit perdre à ce genre de propriété tout le fruit des réformations antérieures. Le trop court règne de Henri IV ne lui avait pas permis de réaliser les réformes qu'il avait résolues dans ce sens.

(1) C'est Baudrillart, dans son *Dictionnaire général des Eaux et Forêts*, tome II, 1825, qui (le premier, paraît-il) définit le taillis comme le produit du rejet des souches des arbres feuillus; jusque-là, tout jeune peuplement, sur semis comme sur souches, était réputé taillis.

Il était réservé à Colbert, ce grand ministre d'un grand roi, de reprendre l'œuvre abandonnée de François Ier. Nous nous sommes suffisamment étendu naguère sur l'œuvre de Colbert condensée dans la célèbre ordonnance de 1669, pour n'avoir pas à y revenir ici. Ce fut une œuvre de restauration et de progrès qui, interrompue et remplacée par les plus grands désordres pendant la période révolutionnaire, n'en prépara pas moins l'admission ultérieure des sages et rationnelles méthodes qui ont prévalu depuis.

Ne quittons pas cette IXe Étude sans signaler la reproduction sous la rubrique : *Pièces justificatives*, de vingt-sept règlements, arrêts, aménagements et procès-verbaux, concernant diverses masses forestières allant de 1548 à 1789. C'est là un recueil précieux à consulter pour quiconque s'intéresse à ce qu'on peut appeler : l'histoire forestière de la France.

10. Nous arrivons à la dixième et dernière Étude du monument que M. Huffel a élevé à l'économie forestière. Elle traite, comme la huitième, de l'Aménagement, mais dans le sens du mode actuel d'application, les définitions et données générales étant connues.

Il y a ici deux points de vue également importants à considérer : 1° les travaux préparatoires à l'aménagement destinés à l'étude du milieu physique où croît la forêt et des conditions économiques de son exploitation ; 2° l'aménagement proprement dit, c'est-à-dire les travaux d'où doit résulter le règlement d'exploitation.

La première opération, à laquelle il est indispensable de procéder après avoir établi la situation géographique et administrative de la forêt, est son lever topographique indiquant non seulement le périmètre extérieur, mais aussi les courbes de niveau, les routes et les cours d'eau la traversant et, autant que possible, les périmètres des divisions naturelles à l'intérieur. Au moyen d'une reconnaissance générale de la forêt, à laquelle aidera considérablement le lever topographique préalable, on en établira la double statistique physique et économique.

On aura ensuite à s'occuper du but à assigner à l'exploitation, lequel variera suivant la nature des produits à retirer soit d'après les essences appropriées au sol et au climat, soit conformément aux conditions économiques du lieu. Sur ces bases s'établira le mode d'exploitabilité à adopter. Assurément ce mode différera suivant qu'il s'agira de forêts de l'État, dont le propriétaire doit avoir souci des besoins de la collectivité générale qu'il

représente, de forêts communales affectées à une collectivité restreinte, ou de forêts privées correspondant à l'infinie variété des besoins de leurs possesseurs.

Quant à la forme d'exploitation à choisir, nous savons que M. Huffel la considère sous trois aspects qu'il appelle : « exploitation de *peuplements*, exploitation d'*arbres*, exploitation *mixte* », rangeant dans la première forme les massifs de futaie comme les taillis simples, dans la seconde les futaies claires, les futaies jardinées et le furetage, dans la troisième les taillis composés.

Pour peu qu'il s'agisse d'une forêt de quelqu'étendue, surtout en montagne, il peut arriver qu'il faille lui appliquer, suivant les différentes conditions de sol, de climat, d'exposition, plus d'une de ces formes, peut-être même toutes les trois. On divise alors la forêt en *sections* destinées à recevoir la forme d'exploitation qui lui est propre. Mais s'il s'agit d'opérer non plus sur quelques centaines, mais sur des milliers d'hectares, que ce soit en montagne ou en plaine, on est amené à partager la forêt en un certain nombre de *séries* d'exploitation constituant comme autant de forêts ou, si l'on veut, d'unités d'exploitation distinctes.

Si à la division en sections et séries on ajoute celle qu'implique le *parcellaire*, sorte de morcellement partageant la forêt en une multitude de parcelles déterminées par les accidents et le relief du sol, comme aussi en tenant compte des nuances du peuplement, on voit que le travail topographique joue un grand rôle dans les travaux préparatoires à l'aménagement. L'auteur donne plusieurs spécimens de ces plans parcellaires avec indication des séries de groupements des parcelles en *affectations* (1), soit en plaine, soit en sol plus ou moins accentué, qui ajoutent beaucoup de clarté aux exposés du texte.

Ces travaux préliminaires accomplis — et l'on voit qu'ils ne

(1) On appelle *affectation*, dans une forêt ou série traitée en futaie pleine, l'étendue de terrain que doivent parcourir les coupes d'amélioration durant une période déterminée, dix, vingt ou trente ans, par exemple C'est l'étendue de terrain *affectée* à cette période.

Supposons qu'il s'agisse, par exemple, d'une sapinière dont on aurait fixé la révolution à cent vingt ans. On partagerait cette durée en six périodes de vingt ans chacune, et l'on reporterait cette division sur le terrain en six affectations représentant chacune sensiblement le sixième moyen de l'étendue de la sapinière.

Telle est du moins l'affectation traditionnelle, dans la méthode des affectations *permanentes*. Notre auteur envisage deux autres modes d'affectation : l'affectation *révocable* et l'affectation *unique*. Voir *Économie forestière*, t. III, pp. 350, 378, 380.

sont pas de mince importance — il s'agit de procéder à l'aménagement lui-même.

Les développements, tant historiques que techniques et critiques, dans lesquels l'auteur entre sur ce sujet, comprennent le tiers du volume. Nous ne l'y suivrons point, pour ne pas allonger cette analyse outre mesure; mais nous en indiquerons sommairement la marche.

Le règlement d'exploitation pour un *taillis plein* (ancienne et heureuse dénomination des taillis simples) ne comporte pas de longues explications. Porté à un âge suffisant (trente à quarante ans, par exemple) pour produire des bois d'industrie, il peut être, en certains cas, avantageux dans les forêts feuillues.

La question est naturellement beaucoup plus compliquée pour les peuplements de futaie pleine. L'auteur la traite d'abord au point de vue des forêts peuplées d'essences feuillues, ensuite à celui des forêts résineuses, suivant qu'il s'agit de *pineraies*, de *pignadas* ou *pignadars* (forêts de pin maritime), de *sapinières*, ou enfin de *pessières* (peuplements d'épicéa), et encore suivant qu'il s'agit de forêts à haute ou à basse altitude.

Pour les exploitations d'arbres, après un petit nombre de pages accordées à la méthode de plus en plus délaissée des taillis furetés, l'auteur s'étend, avec tous les développements qu'ils comportent, sur les aménagements en jardinage, lesquels ne s'appliquent guère qu'aux résineux et principalement au sapin. Les différentes manières de procéder soit par pieds d'arbres, soit par volume, sont exposées et appréciées suivant les règles d'une saine critique.

Accordons une mention spéciale à la *futaie claire*, autre que la futaie jardinée, et qui est un système proposé par l'initiative de M. Huffel. Supposons une futaie de chêne en sol frais et fertile, exploitable à 120 ans et partagée en quinze parcelles ou *parquets* s'exploitant successivement par rotations de quinze ans. Dans le parquet le plus âgé, on a des arbres de 15, 30, 45, ... 105 et 120 ans; dans le suivant, des arbres de 14, 29, 44, ... 104 et 119 ans, et ainsi de suite jusqu'au plus jeune, peuplé de sujets de 1, 16, 31, ... 91 et 106 ans. On comprend, sans plus d'explication, que à chaque tour de rotation on trouve sur chaque parquet des arbres exploitables; l'habileté du forestier s'exercera à les maintenir toujours en nombre suffisant.

Il resterait à parler de ce que l'auteur appelle « exploitations mixtes », autrement dit, des taillis composés ou sous futaie, et des aménagements dits de *conversion*, quand il s'agit de passer

d'un mode d'exploitation à un autre, par exemple du taillis plein à la futaie pleine, du taillis sous futaie à la futaie claire, etc., ou inversement. Toutefois, M. Huffel n'envisage la conversion que sous ces deux derniers aspects.

Ayant eu souvent l'occasion de parler ici-même des taillis simples et composés (1), bien qu'avec moins de compétence que l'éminent professeur de Nancy, nous n'y reviendrons pas.

Les aménagements de conversion sont, plus encore que les aménagements directs, des opérations à long terme et d'une extrême délicatesse. Une période d'attente ou de transition doit d'abord être établie, préparatoire à l'aménagement définitif, période déterminée tant par les exigences culturales que par les nécessités économiques. On trouvera tous les éléments de cette sorte d'opération dans le dernier chapitre de la dixième Étude, par laquelle se clôt l'important travail consacré par l'auteur à la science forestière.

Observons que, parmi les vingt et une figures qui accompagnent le texte du 3e volume, se rencontrent les portraits de quelques naturalistes et forestiers célèbres comme Varenne de Fercille, Duhamel du Monceau (XVIIIe siècle), B. Lorentz et Parade, les premiers directeurs de l'École forestière de Nancy.

C. de Kirwan.

(1) Notamment Rev. des Quest. scient. d'octobre 1887 et de juillet 1888, *De l'exploitabilité et de la possibilité.*

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

SCIENCES MILITAIRES

Les mitrailleuses. — Les mitrailleuses sont des armes à feu intermédiaires entre le fusil et le canon de petit calibre, à tir rapide. Les perfectionnements industriels ne tarderont pas à rendre ces engins parfaitement maniables. Nous nous proposons d'exposer brièvement les idées qui ont cours actuellement au sujet de ces armes, et les espérances qu'on nourrit à leur égard. Nos sources seront une étude publiée par le BULLETIN DE LA PRESSE ET DE LA BIBLIOGRAPHIE MILITAIRES (1), ainsi que les plus récentes leçons du capitaine-commandant d'artillerie Orth, professeur à notre École de guerre.

I. — Les mitrailleuses ont pour propriété essentielle de lancer, en un temps très court, un très grand nombre de projectiles. Elles utilisent la cartouche du fusil d'infanterie. Les balles peuvent être projetées soit par salves, soit coup sur coup, à des intervalles de temps très réduits. La forme la plus ancienne de ces appareils de guerre se rencontre déjà au XIVe siècle. Ils se composèrent, longtemps, d'un nombre de canons très variable (2), accolés sur un même affût. Le tir s'exécutait alors par salves et permettait de lancer, dans certains cas, un total de 1000 projectiles par minute (3). Pour éviter que l'ensemble des balles d'une salve ne décrivît des trajectoires à peu près parallèles et ne fournît une gerbe trop concentrée, un dispositif particulier donnait une dispersion convenable des points de chute. La mise en action se faisait à la main.

(1) Numéros du 15 octobre 1903 et suivants. Cette revue militaire, étant rédigée par les soins du département de la Guerre, fournit à ses lecteurs des renseignements d'une valeur toute particulière.

(2) Le ribaudequin, arme très ancienne, comprenait 4 ou 6 canons; la mitrailleuse belge Montigny était caractérisée par un faisceau de 31 canons.

(3) Mitrailleuse Gatling, 6, 8 ou 10 canons.

Ces mitrailleuses, dans l'état où nous les trouvons après la campagne de 1870, étaient l'objet de nombreuses critiques. On leur reprochait d'être dangereuses pour les servants lors d'un long feu, c'est-à-dire quand il se produisait un retard dans le départ de l'un des coups de la salve. Dans la précipitation du tir, on extrayait alors une cartouche en même temps que les douilles vides; si le coup raté partait à ce moment, les pressions de la poudre dans la douille étaient supérieures à la résistance du métal et il y avait explosion.

Un ensemble de 25 à 30 canons formait un tout pesant et peu maniable. Il était nécessaire d'avoir une base stable afin d'assurer la constance du pointage, car cette condition est essentielle pour l'efficacité d'un tir rapide; de sorte que l'affût du système était particulièrement lourd. Signalons, pour terminer la nomenclature des inconvénients de la mitrailleuse à canons multiples, les difficultés de l'alimentation du tir.

Mais toutes ces imperfections n'auraient pas abouti à la déconsidération de l'arme, si on n'eût commis la faute de vouloir l'utiliser suivant les mêmes principes que ceux qui régissent l'emploi des canons de campagne. On faisait fausse route; d'une part, en effet, l'observation des points de chute des balles n'a jamais été réalisée pour la mitrailleuse dans des conditions de combat; d'autre part, la distance du tir efficace de cette pièce ne dépasse pas 1500 mètres, tandis que le feu du canon à tir rapide est meurtrier jusqu'à 2500 mètres; la mitrailleuse, enfin, reste impuissante devant les obstacles dont la destruction n'est qu'un jeu pour le canon. Pour cette même raison, faut-il le dire? l'infériorité de l'une par rapport à l'autre s'est encore accentuée de nos jours, depuis l'adoption du bouclier par l'artillerie de campagne.

La tactique suit une évolution lente dont les progrès sont une fonction des améliorations industrielles de l'armement. Depuis qu'on est parvenu à créer des mitrailleuses à un seul canon, on a renoncé à les opposer aux batteries de campagne et on en a fait des fusils perfectionnés. C'est en 1882 que l'on voit apparaître les premières tentatives destinées à supprimer les inconvénients matériels que nous avons signalés plus haut. On se demande s'il n'y aurait pas moyen de rendre le tir automatique, en utilisant, par exemple, une partie des gaz de la poudre pour faire effectuer les divers mouvements de la charge et du tir du fusil ordinaire : extraction puis éjection de la douille vide provenant du coup précédent, chargement d'une nouvelle cartouche, fermeture de la culasse et départ du coup.

Nous ne donnerons la description d'aucune arme réalisant ces avantages ; mais nous serions incomplet si nous omettions d'énumérer les différentes façons par lesquelles le principe de l'automatisme peut être obtenu. Supposons d'abord (fig. 1) que le canon A soit fixe sur son affût B. La culasse C est appliquée contre le canon par l'action du ressort récupérateur D, relié à l'affût par son point E. Au moment du départ du coup, les gaz de la poudre agissent sur la tranche antérieure *t* de la culasse; celle-ci est chassée violemment vers l'arrière et entraîne avec elle la douille vide. L'éjection se produit. Le récupérateur, bandé par le mouvement de la culasse, ramène celle-ci en avant dès que la force vive du recul a été absorbée. Ce mouvement de va et vient est suffisant pour permettre l'introduction d'une nouvelle cartouche dans l'âme du canon et pour armer le dispositif de

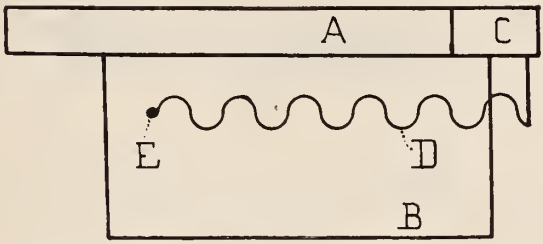


Fig. 1.

mise de feu. Aussi longtemps que nous appuyerons le doigt sur la détente, les opérations que nous avons énumérées se répéteront d'une manière continue. Il n'est pas difficile de se rendre compte de l'inconvénient du système : si les différentes pièces ne sont pas ajustées avec la plus minutieuse précision, le temps pendant lequel la balle parcourt le canon et maintient les grandes pressions intérieures a beau se mesurer par une fraction de seconde, il y aura toujours un instant pendant lequel une partie de la douille sera extraite de son logement, par le recul de la culasse, avant que les pressions intérieures soient redevenues normales.

Le schéma de la figure 2 nous montre comment on peut réduire cet inconvénient en n'empruntant l'action des gaz qu'au moment où la balle est arrivée au delà de l'ouverture *a* du canon. Le piston *p* est repoussé vers l'arrière, entraîne la culasse C et bande le ressort récupérateur D.

Il est possible de supprimer totalement le même inconvénient en rendant le canon A (fig. 1) mobile sur son affût. Le système canon-culasse recule tant que la balle n'est pas sortie de l'âme. A un moment donné, le canon s'immobilise; la culasse poursuit son mouvement et tend le récupérateur. Les opérations suivantes ne présentent rien de particulier (1).

Une dernière catégorie d'armes automatiques est à culasse fixe; elle utilise le frottement des balles dans les rayures pour entraîner le canon vers l'avant.

La mitrailleuse, réduite à sa plus simple expression, devient très légère, très maniable et se dissimule facilement aux vues de l'adversaire. Elle peut réapparaître sur le champ de bataille, se poster à portée efficace de tir en utilisant les couverts naturels et

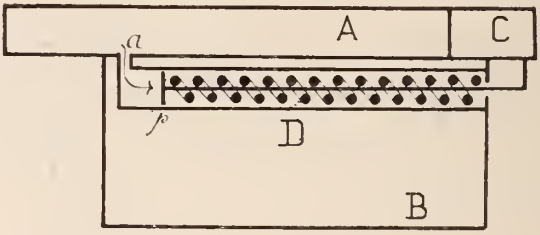


Fig. 2.

ouvrir le feu sans avoir beaucoup plus à craindre les atteintes de l'artillerie ennemie qu'un groupe de soldats dispersés en tirailleurs. La fixité de son affût augmente considérablement la justesse de l'arme qui équivaut, en tir lent, à un fusil sur chevalet; il est possible de construire la pièce de telle sorte que le tir ne s'allonge pas, comme celui du fantassin, dans les moments d'énervement du combat, sous l'influence de causes morales. Une organisation des services, appuyée sur un cadre nombreux, rendra l'utilisation de cet engin des moins aléatoires. Si celui-ci comprend un bouclier, le tir pourra rester efficace jusqu'à la dernière minute. Là où un détachement d'infanterie aurait déjà cédé sous la menace d'un assaut imminent, la mitrailleuse attendra vaillamment l'ennemi et fauchera imperturbablement ses rangs, pendant la course de 100 à 150 mètres qui le transporte,

(1) Ces divers principes sont utilisés, entre autres, dans le pistolet automatique Browning, dans la mitrailleuse Hotchkiss et la mitrailleuse Maxim.

au moment de l'abordage, de sa dernière position de tir à la ligne du défenseur.

Grâce à sa grande rapidité, le tir sera destructeur aux endroits mêmes où le terrain ne se prête pas au déploiment de troupes nombreuses ; il sera foudroyant en un temps très court.

Il va sans dire que l'emploi d'une arme à un seul canon entraîne de sérieux inconvénients. Le plus important d'entre eux est l'échauffement produit dans la pièce. La température, d'après Hebler, s'y élèverait de 4° à 5° environ par coup. L'échauffement dilate le canon, à tel point que, après trois minutes d'un tir ininterrompu, les balles peuvent devenir indépendantes des rayures, et la justesse se réduire progressivement à zéro, malgré l'emploi de réfrigérants destinés à créer une déperdition de chaleur. On utilise, on le sait, dans ce but, soit de l'eau, comme dans la mitrailleuse Maxim, soit des radiateurs, comme dans la mitrailleuse Hotchkiss, soit enfin un jet d'air froid lancé dans l'âme après chaque coup, comme dans la mitrailleuse Colt. L'emploi de ces palliatifs n'empêche pas la température de la mitrailleuse Hotchkiss, par exemple, de s'élever encore rapidement jusqu'à 400° pour devenir ensuite à peu près constante.

Il semble donc qu'on se soit fait illusion en admettant pour vitesse de tir le chiffre exagéré de 600 coups par minute. Les constructeurs sont peut-être parvenus, en se plaçant dans de très bonnes conditions, à obtenir, pendant de courts instants, un rendement aussi fantastique; mais il faudra certainement en rabattre, et de beaucoup, avant d'arriver à la vitesse du tir de combat. Le Bulletin de la Presse admet, avec grande raison, pensons-nous, que la vitesse de 6 coups à la seconde doit être considérée comme une moyenne (1).

Une vitesse supérieure ne serait aucunement recommandable, parce qu'on obtiendrait, au point de chute, un effet surabondant. Une balle doit suffire pour tuer un homme. Supposons, par exemple, qu'une compagnie d'infanterie s'élance à l'assaut de la position à partir de 100 mètres. Elle est déployée sur un front de dimension égale; chaque homme occupe, en largeur, un espace de 60 centimètres environ. Quelles que soient ses dispositions d'attaque, l'adversaire sera, en théorie, certainement détruit après le 170e coup, si, grâce à un dispositif de dispersion

(1) Ce chiffre fournit une vitesse de 300 coups environ par minute, quand on tient compte des opérations de chargement qui nécessitent de courtes suspensions de tir. Les cartouches sont, en effet, disposées sur des bandes métalliques ou flexibles qui doivent être adaptées sur la mitrailleuse.

horizontale convenable, les trajectoires successives sont distantes, au but, de $0^m,60$. Avec la vitesse moyenne que nous avons admise, ce résultat est acquis en 28 secondes. Aucune troupe européenne ne serait capable de surmonter l'effet moral d'une perte aussi forte, subie en un temps si court. L'assaut échouerait certainement.

On se gardera bien d'inférer, des chiffres que nous venons de présenter, qu'une mitrailleuse équivaut à 200 ou 250 fusils. L'effet utile d'un tir peut se mesurer par le produit du nombre d'atteintes pour cent par la rapidité du tir. Si nous représentons le temps par T, le nombre moyen d'atteintes d'un tireur par n, le nombre de tireurs par A, et le nombre de balles tirées par N, l'effet utile pour un groupe de soldats aura comme expression :

$$E_f = 100\,\frac{An}{N} \times \frac{N}{T} = 100\,\frac{An}{T}. \qquad (1)$$

Dans le cas d'une mitrailleuse, l'effet utile vaudra :

$$E_m = 100\,\frac{n'}{N'} \times \frac{N'}{T'} = 100\,\frac{n'}{T'}. \qquad (2)$$

Pour trouver l'équivalence d'une mitrailleuse en soldats, il faut chercher à comparer E_f à E_m. Dans ce but posons :

$$N = N' \qquad \text{et} \qquad T = T'. \qquad (3)$$

Cette hypothèse détermine A qui est égal au rapport des vitesses de tir de la mitrailleuse et du fusil. Acceptons le chiffre 30 comme valeur de A, de façon à fixer les idées. Cela revient à dire que dans un tir ajusté les tireurs lancent en moyenne 10 balles par minute. Les égalités (1) et (2) deviennent

$$E_f = 100\,\frac{An}{T} \qquad E_m = 100\,\frac{n'}{T} \qquad (4)$$

Il est possible de les comparer. A cet effet, divisons-les membre à membre :

$$\frac{E_m}{E_f} = K = \frac{n'}{An} = \frac{1}{A}\,\frac{\frac{n'}{N}}{\frac{n}{N}} \qquad \text{d'où} \qquad AK = \frac{\frac{n'}{N}}{\frac{n}{N}}. \qquad (5)$$

Puisque la fraction $\frac{E_m}{E_f}$ représente le rapport qui existe entre une mitrailleuse et A tireurs, le produit A × K représente le nombre de fusils équivalent à une mitrailleuse. Le coefficient K dépend de l'adresse des tireurs $\left(\frac{n}{N}\right)$ et de la justesse du tir de la mitrailleuse $\left(\frac{n'}{N}\right)$. Ce dernier terme, nous l'avons déjà vu, diminue considérablement à partir de la troisième minute, pour tomber bientôt à zéro. La mitrailleuse ne pourra donc pas rendre des services continus. Nous étonnerons peut-être le lecteur en affir-

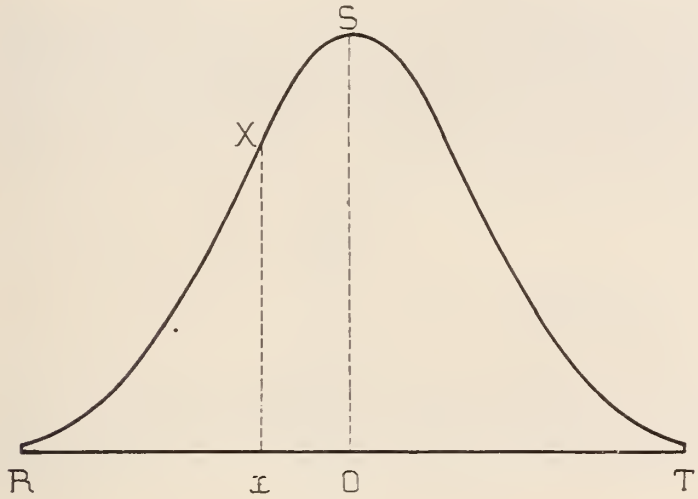


Fig. 3.

mant que la justesse de tir même de cet engin pendant les premières minutes lui donnera, dans certaines circonstances, une infériorité marquée sur un groupe de mauvais tireurs. Nous l'allons montrer tout de suite.

Nous savons que des causes multiples influent sur les trajectoires décrites dans des conditions qui sont apparemment les mêmes. La dispersion des points de chute en est la conséquence. Dans les tirs collectifs, aux causes ordinaires de cette dispersion s'ajoutent les différences entre les fusils et entre les tireurs. Dans chaque cas, on peut construire, avec le général Röhne, pour une hausse donnée, une courbe dite des probabilités (fig. 3) dont un

point X a pour abscisse la différence Ox entre la portée réelle et la portée moyenne désirable des balles, pour ordonnée xX le rapport $\frac{n}{N}$ du nombre de balles tombées à chaque distance au nombre total des projectiles lancés. Quand N augmente indéfiniment, la courbe est continue. La dimension RT décroît quand l'adresse du tireur augmente. Si le but se trouve à la distance correspondant à la hausse, c'est-à-dire en O, le nombre n des atteintes que mesure OS sera le plus grand possible. Mais s'il s'écarte du point O, par suite d'erreurs commises dans l'appréciation des distances, le rapport $\frac{n}{N}$ décroît avec l'ordonnée de la courbe des probabilités.

Ces considérations, toutes générales, vont nous permettre de démontrer l'infériorité de la mitrailleuse sur le mauvais tireur, aux distances inconnues. Dans la figure 4, RST est la courbe des probabilités d'une mitrailleuse, *rst* est la courbe des probabi-

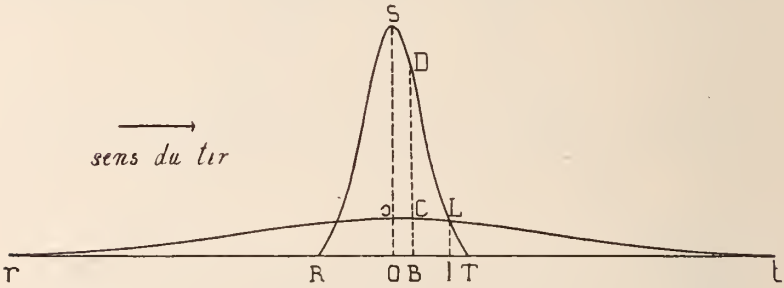


Fig. 4.

lités d'un groupe de A tireurs. Dans les deux cas, N balles ont été lancées. Supposons que le but soit représenté par B. Si ce point se déplace de O vers t, l'expression (5) devient :

$$K = \frac{1}{A} \quad \frac{BD}{\frac{BC}{A}} = \frac{BD}{BC} \qquad (6)$$

Il en résulte que, de O à l, l'effet utile de la mitrailleuse est supérieur à celui de A tireurs. En l, il y a égalité; de l à t il y a avantage pour les tireurs. Cet avantage s'étendra sur une longueur d'autant plus grande que les hommes seront moins bien exercés. C'est ce que nous voulions démontrer.

Nous avons prouvé en même temps combien est variable l'équivalence de la mitrailleuse en fusils (1) et nous comprenons comment les auteurs ont pu différer du simple au décuple dans leurs estimations (2).

Il serait peut-être intéressant de mettre mieux ces résultats en évidence par des chiffres. Supposons donc la hausse de 700 mètres; les armes sont dans le plan horizontal du pied du but; dans ce cas, les tables de tir nous donnent :

$$OT = 72 \text{ mètres} \qquad Ot = 474 \text{ mètres}$$

Si on admet que le télémètre fournisse l'approximation de 3 p. c. de la distance, que l'emploi des hausses arrondies porte cette approximation à 6 p. c., on voit que le but B peut se trouver, à notre insu, éloigné de 42 mètres du point central O. Dans ces conditions, il y aurait moins de 6 p. c. de chances d'atteindre, avec la mitrailleuse, une cible verticale continue de $2^m,40$ de hauteur, ce qui correspond à un rang de cavaliers. Il y en aurait 12,75 p. c. avec un groupe de tireurs. Par contre, si la distance était exactement connue, les chances d'atteinte deviendraient, avec la même cible :

50 p. c. pour la mitrailleuse ; 18,64 p. c. pour A tireurs.

L'équivalence se mesurerait donc par $\frac{50}{18,64}$ A fusils, soit, quand A vaut 30, par 64 fusils. Pour être absolument précis, il resterait à déduire de ce chiffre le nombre de servants et de gradés affectés au service de la pièce, puisque ces hommes pourraient renforcer les rangs des fantassins.

(1) Notre raisonnement a supposé intentionnellement que le but à atteindre n'a ni hauteur ni profondeur. Sinon, nous eussions dû faire intervenir le rapport $\frac{\int_{OB}^{OB+\Delta.OB} n}{N}$ au lieu de $\frac{n}{N}$ dans nos considérations, au détriment de la simplicité et pour aboutir à la même conclusion. Notre exemple numérique tiendra compte de la réalité.

(2) Voici quelques chiffres relatifs à cette équivalence :

Lieutenant-colonel Rouquerol :	quelques dizaines de fusils.
Von Immanüel :	100 tireurs moyens.
Commandant Bourdon :	200 hommes au minimum.
Règlement suisse :	1/4 de compagnie.
Règlement allemand :	50 tireurs exercés.

II. — Il est possible d'aborder dès maintenant, dans cette seconde partie, le point de vue tactique de notre étude. Connaissant l'arme à feu et le rendement dont elle est capable, nous pouvons examiner l'organisation qui facilitera le mieux son emploi, les méthodes de tir qui donneront le meilleur effet utile dans les différentes péripéties du combat moderne, et les circonstances qui seront favorables à sa coopération sur le champ de bataille.

Nous envisagerons successivement la guerre de campagne et la guerre de siège; nous terminerons par un mot sur l'usage des mitrailleuses dans les colonies.

En principe il est indispensable de jumeler les mitrailleuses, leur accouplement devant se faire comme s'il n'y avait qu'une seule pièce. La règle est absolue; elle découle du fait de la rapidité avec laquelle cette arme est mise hors d'usage lorsqu'on exige d'elle un tir continu. A la guerre chacun se croit toujours le plus menacé. Supposez une mitrailleuse isolée. Le chef de pièce, quel que soit son sang-froid, n'échappera pas à cette impression générale. Il prendra facilement pour une situation critique une phase ordinaire du combat. Il ordonnera un feu continu. Les émotions ne lui permettront pas de chronométrer sous une pluie de balles la durée de son tir : trois minutes se seront rapidement écoulées à son insu et la mitrailleuse tirera bientôt sans précision. Pour peu que la pression de l'ennemi se prolonge, elle deviendra bientôt complètement inutilisable, au moment où elle serait peut-être appelée à rendre les plus grands services. Si même le chef a le coup d'œil juste, s'il intervient à point voulu, il mettra encore, en peu d'instants, sa pièce hors d'usage, alors qu'ultérieurement peut-être une situation nouvelle en rendrait l'action désirable.

En jumelant deux mitrailleuses on peut leur faire tirer alternativement 25, 50, 100 ou même 150 cartouches, selon les cas. Les intervalles entre les tirs d'une même pièce sont favorables au refroidissement du canon. Ils permettent en outre de vérifier l'état du mécanisme, de le graisser, de le réparer et d'apporter éventuellement les corrections nécessaires à la hausse.

Grâce à ce procédé, une mitrailleuse pourra lancer 20 à 25 000 balles, voire même davantage (1), alors que, par un tir à outrance, elle serait dégradée et hors de service après 6500 coups environ.

(1) Les Anglais attribuent jusqu'à 43 000 cartouches à une seule mitrailleuse.

Voici, à titre d'exemple, quelle est l'organisation allemande d'un groupe de mitrailleuses sur pied de guerre :

1 capitaine, 3 lieutenants chefs de section, 12 sous-officiers, 1 trompette, 63 hommes, 18 chevaux de selle, 6 pièces attelées à 4 chevaux et transportant chacune 10 000 cartouches, 3 caissons attelés à 4 chevaux et transportant chacun 15 000 cartouches, des voitures accessoires, chevaux de réserve, etc.

Chaque groupe se subdivisera en 3 sections de 2 pièces.

Pour la lutte en rase campagne, les mitrailleuses peuvent être adjointes à l'infanterie et à la cavalerie.

Elles sont, d'avis unanime, servies par des fantassins ou par des cavaliers suivant le cas. « En tant que fusil perfectionné, elles ne représentent qu'un mode d'action particulier de l'infanterie dans des circonstances spéciales, dit le lieutenant-colonel Rouquerol ; leur emploi, pour être judicieux, pour être en concordance intime et constante, avec les efforts de l'infanterie, doit être confié à l'infanterie elle-même. » Lorsqu'elles sont appelées à agir en liaison avec les troupes montées, elles doivent, en principe, suppléer au manque d'infanterie ; elles relèvent, par conséquent, du commandant de cavalerie, et partant sont maniées par cette arme.

Leur intervention ne se fera que dans des circonstances particulières ; elle dépendra soit du terrain, soit du développement des phases de la lutte ; il sera donc peu rationnel d'attacher les mitrailleuses en permanence à certaines unités de ligne telles que le bataillon ou le régiment. Elles recevront avec avantage les ordres d'un commandement supérieur, celui de la division, par exemple, car, plus une impulsion vient de haut, plus elle est judicieuse parce qu'elle est appuyée sur une meilleure conception de l'ensemble.

Le lieutenant-colonel Rouquerol dit, à propos de l'artillerie à tir rapide : les méthodes de tir doivent s'adapter à l'organisation de la batterie, mais celle-ci ne doit pas se plier à celles-là. Le principe est également vrai pour les mitrailleuses. Leur organisation par couple est une conséquence logique de l'imperfection du matériel. C'est donc en admettant un état de choses inévitable pour le moment que les méthodes de tir doivent être imaginées.

Le tir coup par coup sur un but fixe ou peu mobile donnera des résultats notablement supérieurs à ceux du fantassin, parce que la mitrailleuse agit alors, nous l'avons déjà dit, avec la précision d'un fusil sur chevalet. Ce tir serait avantageux si un groupe

d'officiers d'État-major, par exemple, se livrait aux vues, en un point bien repéré. Sa valeur serait déjà moindre si le but se déplaçait, car il faudrait alors le suivre par la ligne de visée. Dans ce cas, à distance connue, une rafale aurait, semble-t-il, bien plus de chances de réussite; mais elle dévoilerait, pour la suite, la présence de la mitrailleuse qu'on a toujours intérêt à faire agir par surprise. En tous cas, ce procédé de tir sera exceptionnel.

Le feu intermittent comprendra le tir par séries de quelques dizaines de cartouches. Il conviendra pour les objectifs à front étroit, afin d'éviter qu'il y ait surabondance d'effet. Il permettra peut-être un réglage indirect du tir : on observera le trouble et le flottement produits dans les rangs ennemis par la série des balles lancées avec la hausse convenable.

Le feu rapide sera obtenu par le tir alternatif des deux pièces de chaque section; les séries comprendront une soixantaine de coups. On réalisera ainsi un bon rendement continu, sans exiger des pièces un effort supérieur à leur capacité.

S'il est avantageux de forcer la note pendant quelques instants, soit pour faire face à un danger imprévu, soit pour jeter le désarroi dans un objectif compact, soit enfin pour surprendre un but fugitif, à distance bien connue et assez faible, le feu par pièce lancera des séries de 100 à 150 balles, avec courtes interruptions pour graisser le mécanisme et le visiter rapidement.

Ces diverses méthodes, prévues par le *règlement suisse sur la mitrailleuse de cavalerie*, se combinent avec le tir fauchant qui permet de battre les diverses formations des troupes ennemies, tant en largeur qu'en profondeur. Dès que la distance est connue, il y a grande analogie entre les méthodes de tir du canon à tir rapide et celles de la mitrailleuse. Nous retrouvons pour celle-ci des cas d'application du tir par rafales, du tir progressif, du tir sur points repérés, etc.

Telle que nous la connaissons, la mitrailleuse a, en fait, peu de partisans quand il s'agit de l'adapter à la guerre de campagne. Les auteurs lui refusent en général toute valeur dans l'offensive. Ils reprochent à cette arme de tirer sans contrôle, de pécher par excès de précision. Nous avons examiné, avec chiffres à l'appui, la valeur de cet argument. L'action efficace de la mitrailleuse n'est possible, avons-nous vu, qu'aux distances parfaitement connues. Or, ce fait est très rare sur le champ de bataille. Il se présente pour celle des deux armées qui garde la défensive.

Encore faut-il que cette défensive soit préméditée, qu'elle ne soit pas le fait d'une attaque malheureuse. Si l'un des adversaires croit avantageux de s'accrocher au terrain et d'y attendre l'ennemi, il a le loisir et le devoir de mesurer exactement les distances de certains points de repère de la campagne, par lesquels l'assaillant doit nécessairement passer. En l'absence de repères naturels, il en crée d'artificiels. Dans ces conditions, le feu des mitrailleuses peut être terrible, même pour des buts éloignés. Mais la défensive est considérée par tous les écrivains comme un pis-aller, car même victorieuse elle n'est jamais décisive. Les principes de la guerre reflètent la préoccupation d'imprégner les esprits militaires de la volonté opiniâtre de marcher toujours à l'ennemi. Aussi le peu d'enthousiasme qui accueille l'introduction des mitrailleuses parmi les troupes de campagne n'est-il pas fait pour nous étonner beaucoup. L'Allgemeine Militar Zeitung de 1900 (1) ne va-t-il pas jusqu'à dire, à propos des mitrailleuses attachées à quelques-uns des bataillons de chasseurs en Allemagne, « qu'on devrait éviter d'entraver les mouvements d'une bonne troupe de campagne, comme sont les chasseurs, en l'obligeant à traîner de pareils boulets »?

Il est certain que, outre la difficulté d'obtenir un tir réglé dans l'offensive, il y a encore celle de pousser les mitrailleuses en avant. Il ne s'agit pas de leur faire suivre, de proche en proche, les progrès de l'infanterie, mais il faut cependant prévoir des changements de position. Ces changements présenteront des difficultés plus grandes que celles que l'artillerie rencontre dans des circonstances analogues, car ils se feront, parfois avec chevaux et voitures, à des distances de tir très efficace de l'infanterie même. Qui peut affirmer qu'il y aura toujours un couvert, un chemin creux, un pli de terrain quelconque, à l'abri desquels les pièces s'avanceront d'une position à la suivante ?

Cependant, il faut se garder d'être trop absolu. Devant un adversaire résolu, l'assaillant devra conquérir le terrain pas à pas; souvent même les rôles seront intervertis pendant quelque temps; les positions occupées devront être défendues contre les tentatives de reprise de l'ennemi. Or, grâce aux trajectoires tendues des armes à feu les plus modernes, une balle tirée avec la hausse de 600 mètres, par exemple, ne s'élèvera pas au-dessus du sol à une hauteur plus grande que celle d'un homme de taille moyenne. Dans ces conditions, tout le terrain, depuis le tireur jusqu'au point de chute constituera une zone dangereuse; l'éva-

(1) Cité par le Bulletin de la Presse.

luation de la distance exacte deviendra secondaire, et la mitrailleuse nous fournira un rendement parfait.

Nous pouvons donc conclure à l'utilité des mitrailleuses pour les armées de campagne, à condition de ne les engager ni trop tôt, ni d'une manière continue, et d'en faire un appoint dont le chef seul appréciera l'à-propos.

La cavalerie, dans sa marche à la découverte, rencontrera souvent des obstacles qui l'obligeront à faire usage du feu. Cette arme éprouve, à l'égard de ce genre de combat, une répulsion instinctive. Cela tient sans doute à ce que, créée pour le mouvement, elle craint de sacrifier ses qualités manœuvrières à des procédés qui attachent l'homme au terrain pour le faire progresser lentement. Cependant, l'occupation des deux rives d'un pont que l'ennemi aurait intérêt à détruire, la protection, jusqu'à l'arrivée de l'avant-garde, du débouché d'un défilé que doit franchir le gros des troupes, seront des objectifs fréquents de la cavalerie en campagne. Comment la renforcer pour lui permettre de remplir de telles missions? Ces dernières années ont vu éclore plusieurs solutions du problème: citons-en seulement deux : les détachements cyclistes et les mitrailleuses. Peut-être celles-ci seront-elles adjointes à ceux-là. Les expériences des manœuvres, à défaut de guerre, pourront seules fixer les idées. Mais, quoi qu'il en soit, on accorde généralement que si la mitrailleuse remplace l'infanterie aux endroits où celle-ci coopérerait avantageusement à l'action de l'arme montée, elle ne détrône pas l'artillerie à cheval dans les combats de cavalerie contre cavalerie.

Le Bulletin de la Presse n'examine pas, dans l'article que nous avons signalé, l'application des mitrailleuses à la guerre de siège (1). La connaissance technique que nous avons de ces pièces et les principes de la guerre de forteresse nous permettront cependant de dire quelques mots de cette question (2).

Rappelons d'abord au lecteur qu'une place forte appuie sa défense principale sur une série de forts détachés à 7 ou 8 kilomètres de la ville et distants entre eux de 2 kilomètres au

(1) Le Bulletin avait imprimé, dans son numéro du 31 janvier 1903, une étude sur l'*utilisation des mitrailleuses dans la défense d'un ouvrage de fortification permanente*, par le lieutenant Dothey, de l'artillerie de forteresse de la position fortifiée de Namur.

(2) Nous tiendrons compte de l'étude du lieutenant Dothey, mais nous ne suivrons pas cet officier dans toutes ses conclusions que nous ne pouvons partager.

minimum. Les intervalles entre les ouvrages permanents sont occupés par des troupes d'artillerie et d'infanterie.

Nous aurons caractérisé la valeur des mitrailleuses dans la lutte des intervalles quand nous aurons dit que le terrain est étudié dès le temps de paix, en prévision d'un combat défensif à outrance. Rien n'empêchera de défendre la position en attaquant l'ennemi. Mais, dans le cas actuel, l'offensive même se fera sur une zone repérée; les distances seront connues : le tir des mitrailleuses sera donc parfaitement réglé.

Aussitôt la place investie, le gouverneur militaire doit généralement renoncer à recevoir des secours du dehors. Il peut, dès le début des opérations, être fixé sur les ressources dont il disposera. Celles-ci sont réduites au minimum pour que les armées de campagne soient aussi fortes que possible. C'est avec ce minimum que le chef de la défense doit prolonger la lutte jusqu'à la dernière cartouche ou la dernière ration et retenir autour de la forteresse, des corps ennemis dont la présence serait peut-être indispensable sur le champ de bataille principal. Grâce à l'adoption des mitrailleuses, le nombre des défenseurs pourra être diminué sans que la capacité combative de la garnison soit amoindrie par cette réduction.

Personne ne contestera les grands services que la mitrailleuse, placée derrière les remparts d'un point d'appui, rendra aux défenseurs de l'ouvrage. Elle mettra le fort à l'abri de l'attaque de vive force (1), qui se repousse principalement par le feu. Si l'ennemi est attendu, si les intervalles sont organisés, les effectifs d'infanterie affectés normalement aux ouvrages de fortification permanente pourront donc, au début, renforcer les troupes mobiles chargées de la défense active de la forteresse. Quand l'assaillant aura conquis de haute lutte ses positions d'artillerie, quand il aura entrepris l'attaque pied à pied, ces effectifs, tout en restant attachés au fort, pourront encore loger en partie à l'extérieur. Les soldats éviteront ainsi l'abattement moral qui s'empare des troupes enfermées longtemps dans des locaux éclairés par des moyens artificiels et souvent mal aérés. Si l'armée ennemie survient à l'improviste (ce pourrait être le cas pour nos forts de la Meuse), les cinquante artilleurs de la garnison du temps de paix lui opposeront, grâce à l'appoint des mitrailleuses, une résistance très suffisante, eu égard aux moyens d'attaque qu'elle utilisera pour l'exécution de son coup de main.

(1) Cette attaque, rappelons-le, se fait d'emblée, après une courte préparation par l'artillerie de campagne et l'artillerie lourde d'armée.

Nous ne partageons pas l'avis du lieutenant Dothey lorsqu'il dit : « La défense d'un fort est passive et repose uniquement sur le feu. En ne demandant à l'infanterie qui coopère à cette défense, qu'un tir nourri et ajusté, on ne profite donc, en aucune façon, de ses précieuses qualités de mobilité, d'à-propos, et de sa puissance offensive. Or il semble que l'on pourrait faire un emploi plus judicieux de cette arme en la remplaçant sur le terre-plein de combat par des mitrailleuses et en la disposant à l'extérieur du fort pour exécuter la contre-attaque au moment où le feu des mitrailleuses aurait provoqué l'hésitation et l'arrêt dans la marche en avant de l'adversaire » (1). S'il s'agit en effet d'une place dont les ouvrages, comme ceux de la Meuse, constituent avant tout des forts d'arrêt, on sacrifierait volontairement 200 hommes en les lançant, au moment de l'assaut, contre des effectifs vingt fois plus nombreux : le fort d'ailleurs serait entouré par l'envahisseur; une riposte dans son flanc ne serait pas possible. En fait, on aboutirait uniquement à réduire l'action des feux partant de l'ouvrage, par la crainte de tirer, en même temps, sur amis et ennemis. S'agit-il, au contraire, d'une place forte comprenant une garnison nombreuse, l'attaque se fait pied à pied par la sape et la mine. La lutte sur le glacis de la fortification et la traversée du fossé durent plusieurs semaines; si les mitrailleuses empêchent l'ennemi de se montrer, elles ne retardent pas sa marche sous terre. Qui donc, si ce n'est l'infanterie, lancera des grenades à main perfectionnées, quand assaillants et défenseurs se trouveront, comme à Port-Arthur, face à face, à 20 mètres l'un de l'autre, derrière leurs retranchements? Où se placera cette infanterie dont la mission consiste à prononcer une contre-attaque au moment où l'ennemi, quittant ses parallèles, s'élancera à l'assaut, sur un trajet de quelques mètres?

Ne nous exagérons pas la valeur des mitrailleuses; continuons à repousser l'idée de séparer un ouvrage de son infanterie. C'est, encore aujourd'hui, malgré l'introduction très avantageuse des nouveaux engins, « un divorce qui révolte la morale tactique » (2).

Dans les colonies, les mitrailleuses sont des auxiliaires précieux. L'ennemi se compose de hordes barbares ou fanatiques méprisant la vie et n'ayant aucune notion de nos procédés de combat. Le soldat blanc est imbu de sa supériorité sur l'indigène.

(1) *Loc. cit.*, p. 42.
(2) *Ibid.*

Il puise, dans cette espèce d'autosuggestion, une énergie et un calme considérables. Dans cet ensemble de conditions favorables, il résulte que le tir des mitrailleuses est, dans les guerres coloniales, des plus précis et des plus meurtriers.

En résumé, nous avons vu que, dans la plupart des circonstances, il sera possible de tirer profit des détachements de mitrailleuses, à condition de les connaître parfaitement, et de savoir exiger d'eux, avec à-propos, des efforts proportionnés à leurs capacités.

J. H.

NEUROLOGIE

Hystérie et Religion

I. — Qu'est-ce que l'hystérie ?

Le XVIIe Congrès des médecins aliénistes et neurologistes de France et des pays de langue française s'est ouvert à Genève le mois dernier, jeudi 1er août, et a duré jusqu'au 6.

Le sujet du rapport de la section de neurologie était le suivant : « Définition et nature de l'hystérie ». On a entendu d'abord les deux rapporteurs, MM. L. Schnyder et Henri Claude, puis MM. Raymond, P. Bernheim, Pailhas, Terrien, P. Sollier, Claparède, Mendicini Bono, J. Babinski.

M. Terrien a été dur : « Je ne veux pas, a-t-il dit, apprécier, discuter les définitions données par les deux rapporteurs, MM. Claude et Schnyder, parce que, je le déclare bien sincèrement, je n'ai pu, malgré tous mes efforts, parvenir à les comprendre. Elles sont peu claires, ces définitions, elles ne font qu'embrouiller une question fort embrouillée d'avance », — ce qui d'ailleurs n'a pas empêché M. Terrien de donner son avis, lequel n'a rien débrouillé.

Les congressistes se sont séparés remportant chacun sa définition. Il est fort probable que longtemps encore on discutera sans arriver à se mettre d'accord.

Où se trouve donc la solution ?

Ce n'est pas à l'étymologie qu'il faut la demander. Le terme « hystérie » a été créé à une époque où on regardait l' « utérus » comme le siège du mal. Il ne peut donc qu'induire en erreur; aussi M. Bernheim a-t-il proposé, tout simplement, de le sacrifier.

Sera-ce à la nature du mal qu'on s'adressera ? Mais cela aussi est en discussion. L'hystérie est classée parmi les névroses et les névroses sont des maladies caractérisées par des troubles du système nerveux. Cela est bien vague. On s'entend à peu près, il est vrai, pour admettre que ces troubles ne sont pas accompagnés de lésions organiques, du moins apparentes. On arrive ainsi à différencier les névroses des nombreuses maladies du système nerveux qui relèvent d'une lésion anatomique de ce système : sections, compressions, dégénérescence, etc... Mais la difficulté, pour être diminuée, n'en reste pas moins fort grande.

Du système nerveux dépendent toutes les manifestations vitales de notre organisme. Nous en avons besoin, directement ou indirectement, pour comprendre, pour raisonner, pour vouloir, pour sentir ; il préside à toutes les contractions, à toutes les dilatations, à tous les mouvements conscients ou inconscients, mouvements des membres et de toute la surface libre du corps, ou mouvements de la profondeur des organes, qui régularisent les fonctions de relation, les fonctions de nutrition, les fonctions de reproduction. On conçoit par là combien variées seront les manifestations des troubles nerveux fonctionnels. On aura, ou on pourra avoir, de la neurasthénie, de l'épilepsie, de la tétanie, de la chorée, des vertiges, des migraines, des crampes, des manies, des spasmes fonctionnels, de la paralysie agitante, de l'hystérie, la « grande névrose », de la psychonévrose, de la psychose, etc. Nous laissons de côté les subdivisions pour ne pas fatiguer le lecteur, et nous énumérons sans ordre parce que nous n'en connaissons pas de satisfaisant.

Comment constituer le syndrome de chacune de ces affections de façon à les délimiter nettement? Comment, en particulier, isoler l'hystérie?

Un point de départ sérieux pour une délimitation et une classification précises serait la connaissance de la nature et du siège du trouble névrosique, de ce que nous appellerions la lésion névrogène spécifique, à supposer qu'il y ait une lésion anatomique à la base du trouble fonctionnel. On a cet avantage dans le cas des affections organiques du système nerveux. La grosse autopsie ou, si cela ne suffit pas, l'observation microscopique renseignent sur les caractères et sur l'emplacement de la lésion. Tel genre de lésion affectant telle partie du névraxe ou du système périphérique, déterminera toujours la même symptomatique. Prenons, par exemple, le cas d'une lésion d'un nerf périphérique. On sait qu'un nerf périphérique (sauf exceptions d'ailleurs parfaitement

connues) renferme des fibres motrices, des fibres sensitives, des fibres sympathiques. Il est clair que tout changement pathologique survenant dans ce rameau nerveux déterminera des troubles fonctionnels en rapport avec les fonctions motrices, sensitives, vaso-motrices (les fibres du sympathique innervant les viscères ne sont pas périphériques), troubles qui pourront intéresser soit l'une seulement de ces fonctions, soit deux d'entre elles, soit les trois à la fois. La lésion des fibres motrices déterminera des troubles dans l'innervation volontaire et réflexe, dans le tonus et le trophisme musculaire, — et on aura, selon les cas, paralysie brusque, paralysie flasque, parésie, atrophie des muscles. La lésion des fibres sensitives donnera de l'anesthésie ou de la paresthésie intéressant soit la surface cutanée : tact, douleur, température, sens stéréognosique, soit la profondeur : sens musculaire. La modification pathologique des fibres sympathiques aura son contre-coup sur les parois des vaisseaux sanguins, et les troubles vasculaires qui en résulteront amèneront des variations dans la température et la coloration de la peau.

Il en sera de même pour le système nerveux central.

Le neuropathologiste se trouvera donc ici en face d'affections ayant chacune sa cause, dans la plupart des cas parfaitement connue, précise et bien délimitée, sinon toujours quant à son origine, du moins quant à sa nature et à son siège.

Il en va tout autrement pour l'hystérie, dans l'état actuel de nos connaissances, et malgré les efforts de ceux, de plus en plus rares, qui voudraient en faire une entité morbide. « Il faut constater, dit M. Schnyder, que de plus en plus se manifeste la tendance à en faire une modalité des altérations psychiques comprises sous le nom de psychonévroses. » Mais quel est le fondement de cette modalité qui fait que l'hystérie se distingue, par exemple, de la psychasténie ou de la phrénolepsie, qui sont aussi des psychonévroses? Et si ce fondement est inconnu, quels sont du moins les symptômes qui font de l'hystérie une affection psychonévrosique à part? Que penser de ceux qui veulent mettre au compte de l'hystérie des altérations organiques qui, à première vue, semblent n'avoir rien de commun avec les altérations psychiques de la psychonévrose ?... Depuis quelques années déjà M. Raymond et M. Babinski sont en polémique sur ce point.

M. Raymond, au Congrès, a rappelé le cas d'une jeune fille atteinte de douleurs d'origine incontestablement psychique au membre supérieur droit. Sur ce membre, et sur celui-là seulement, apparaissent spontanément, après une légère fatigue de la

main droite, des éruptions bulleuses pemphigoïdes. L'absence d'affection organique sous-jacente ne permet pas de douter de l'origine psychique de ces bulles de pemphigus. Il en est de même d'autres cas de dermatose observés par M. Raymond soit dans son service particulier, soit dans diverses cliniques de Paris. Il a spécialement attiré l'attention sur un cas de production psychique d'œdème bleu. Il s'agit d'une femme. Pendant le sommeil hystérique, un simple attouchement de sa main gauche par un étranger fait apparaître sur cette main un œdème qui se développe en quelques minutes sous les yeux des spectateurs. M. Raymond cite encore le cas des fakirs indiens examinés autrefois à Berlin par Virchow et qui pouvaient, à volonté, déterminer dans n'importe lequel de leurs membres des troubles vasomoteurs de la peau accompagnés d'anesthésie ; il fait remarquer, enfin, que Kraft Ebing a réussi à produire par suggestion, chez une hystérique, par apposition de cachets de cire sur la peau, des hémorragies cutanées. M. Terrien soutient les mêmes idées qu'il appuie sur des faits d'observation personnelle; il cite un cas de fièvre hystérique et affirme avoir provoqué par suggestion chez un jeune homme la « main de cadavre », et chez une femme, des phlyctènes atteignant le volume d'un œuf de poule.

Des faits on passe aux théories. Les troubles qui se produisent dans le domaine organique pur, dans le domaine de la vie végétative, tels que bulles de pemphigus, hémorragies, phlyctènes, plaies, etc... sont sans doute sous la dépendance d'un mécanisme différent de celui qui produit les paralysies, les contractures, les anesthésies, les attaques hystériques; mais il se pourrait fort bien que les deux mécanismes fussent dépendants l'un et l'autre d'un mécanisme plus général, mécanisme hystérique consistant dans une façon anormale de sentir et de réagir du système nerveux. Cette explication nous paraît très vraisemblable. M. Raymond dit qu'il ne voit guère la possibilité d'interpréter autrement les faits. Quant à M. Babinski, il ne comprend pas qu'on puisse les interpréter ainsi. La raison qu'il en donne, c'est que bien souvent il a observé ces accidents organiques : troubles vaso-moteurs, troubles trophiques, etc. chez des personnes ne présentant aucun des symptômes que tout le monde regarde comme de nature hystérique et que, d'autre part, il arrive souvent que des malades incontestablement hystériques ne sont atteints ni de troubles trophiques, ni de troubles vaso-moteurs.

Cette raison ne convaincra pas M. Raymond qui continuera sans doute à regarder comme arbitraire la sélection sympto-

matologique de M. Babinski, lequel n'admet comme phénomènes hystériques que ceux qui présentent les deux caractères suivants :

1° Celui de pouvoir être reproduits par suggestion chez certains sujets avec une exactitude rigoureuse.

2° Celui d'être susceptibles de disparaître sous l'influence exclusive de la persuasion.

Il y a, en effet, des manifestations morbides qui présentent ces caractères. Elles constituent un groupe nettement délimité, au dire de Babinski. C'est à elles qu'il faut réserver le nom de manifestations hystériques, si on tient au terme, ou celui de manifestations pithiatiques (guérissables par persuasion), si on n'y tient pas. Il importe d'ailleurs de se faire une idée exacte de ce qu'il faut entendre par suggestion, par persuasion. « Il ne suffit pas qu'un trouble se développe sous une influence psychique telle qu'une émotion, une tension d'esprit, pour qu'on soit en droit de l'attribuer à la suggestion. Il faut pour cela que la volonté soit réellement maîtresse du phénomène en question, c'est-à-dire qu'elle soit capable d'en déterminer et d'en faire varier à sa guise le siège, la forme, l'intensité et la durée. C'est ce qui a lieu, par exemple, pour les paralysies, les contractures, les anesthésies, les attaques dites hystériques. Il ne suffit pas non plus qu'un trouble disparaisse à la suite d'une intervention psychothérapique pour qu'on soit en droit de soutenir que c'est la persuasion qui l'a fait disparaître. Il faut qu'aucun autre agent n'ait été employé, que la guérison soit immédiate, afin qu'il soit permis d'écarter l'influence du temps et du repos, dont le rôle peut être important; il faut enfin se défier de la possibilité de coïncidences; pour ces motifs, je n'admets dans ce groupe que les phénomènes pareils à ceux que j'ai énumérés, qu'on est en mesure de faire apparaître et disparaître à volonté. » Et de quel droit?... Pourquoi les phénomènes qui sont sous l'influence de la persuasion, de la suggestion, seront-ils regardés comme hystériques, et pourquoi ceux qui sont provoqués par l'émotion ne le seront-ils pas?... Et si l'émotion peut engendrer des phlyctènes, des ecchymoses, des œdèmes, de la fièvre, des hémorragies, de l'albuminurie, etc..., pourquoi leur refuser le caractère hystérique qu'on accorde aux attaques, aux contractures, aux paralysies, aux anesthésies, qui sont à la merci de la suggestion? Certains croient d'ailleurs avoir démontré que quelques-uns de ces troubles qu'on ne veut pas admettre comme troubles pithiatiques, obéissent eux aussi à la suggestion. On leur répond que leur

bonne foi a été surprise, que les hystériques sont des mythomanes, que la surveillance des malades se relâchant un peu, ceux-ci en ont profité pour provoquer, par exemple par l'emploi de caustiques, des troubles qu'on croit faussement dus à la persuasion. Il nous paraît que cette réponse, dans certains cas cités par MM. Raymond et Terrien, n'est pas admissible : les expériences ont été réalisées dans des conditions telles que toute simulation, toute supercherie était impossible.

Les choses en sont là, à moins qu'on ne veuille se rallier à la façon de voir de M. Bernheim qui réduit l'hystérie à une crise de nerfs intense : convulsions, dyspnée, contractures, pseudo-sommeil, agitation désordonnée et cris. L'hystérie, selon lui, n'est qu'une réaction émotive exagérée. Elle est passagère, mais si elle se répète, elle peut finir par créer une disposition, une aptitude, un tempérament, une diathèse hystérique. Elle ne sera en tous cas qu'un « épiphénomène » greffé soit sur des émotions d'origine extérieure comme une frayeur, une contrariété, soit sur des maladies à caractères très variables, organiques ou psychiques.

Quels qu'aient été les résultats pratiques de ces échanges de vues sur l'extension à donner au concept d'hystérie — nous les croyons nuls — il y a certains phénomènes qui, de l'aveu de tous les neurologistes, doivent être regardés comme d'origine hystérique. On peut donc se demander quel est le principe hystérogène de ces phénomènes.

D'une façon générale on admet que les troubles hystériques sont dus à un déséquilibre psychique qui met l'individu sous la dépendance presque absolue du milieu. C'est ici qu'intervient l'influence des idées religieuses sur le nervosisme organique.

II. — Pour ne pas nous exposer à porter sur cette influence un jugement *a priori*, il importe de nous faire d'abord une idée aussi exacte que possible des conditions neuropathologiques des sujets sur lesquels elle s'exerce.

Le nervosisme, d'après M. H. Claude, consiste dans un défaut de régulation des processus réflexes, soit de ceux qui interviennent dans les fonctions organiques, soit de ceux qui interviennent dans les fonctions psychiques, soit de ceux qui mettent en rapport ces deux ordres de fonctions. Tous ces processus réflexes sont conditionnés par un substratum anatomique, et il serait naturel, lorsqu'ils sont troublés dans leur régime normal, de chercher l'explication de leur déséquilibre dans un accident survenu au système anatomique récepteur et transmetteur ; mais

nous avons déjà dit que la nature de cet accident anatomo-pathologique, de même que son siège, échappent à l'observation; on ne peut en constater que le résultat. Le résultat, c'est le défaut de régularisation. Ce défaut de régularisation, M. Pailhas essaye de le préciser, autant que faire se peut, en en rejetant l'origine jusqu'au début de l'évolution anatomique des centres psychiques, et en supposant qu'au cours de cette évolution il se produit, au point de vue physiologique, fonctionnel, un développement anormal des centres inférieurs, qui président à la vie automatique, inconsciente, réflexe. Les troubles hystériques auraient donc pour origine un défaut de pondération — dont la cause dernière est inconnue — entre les centres supérieurs et les centres inférieurs, entre la vie consciente, la vie intellectuelle, la vie volontaire, et la vie purement réflexe; défaut de pondération qui tient non à un déficit, mais à un excès. Cet excès atteint la vie inférieure seule; la vie supérieure demeure normale, si bien, comme le fait remarquer M. Pailhas, que l'anomalie hystérique n'exclut aucun degré de l'activité psychique, fut-il génial.

Ce déséquilibre entre les deux ordres de facultés existe normalement chez l'enfant, avant que ne se soit développée chez lui la vie supérieure : le psychisme automatique est prépondérant, à cet âge; l'intelligence, la volonté, n'étant pas encore en pleine possession de toutes leurs énergies ne peuvent intervenir pour atténuer, pour régulariser l'ébranlement produit par les impressions trop intenses du dehors. De là la disproportion apparente entre les réactions de l'organisme et leurs causes immédiates. Tout le monde sait qu'il suffit parfois de la plus petite contrariété pour déterminer chez l'enfant de véritables crises nerveuses, des « rages ». On a donc pu dire que nous passions tous, au début de la vie, par une phase hystérique. Quant au vieillard qui, selon l'expression reçue, « tombe en enfance », son état n'est point, à proprement parler, un état hystérique; il se produit chez lui un affaiblissement neurologique qui aboutit à la neurasthénie. Entre ces deux extrêmes, le commencement et la fin de la vie, bien des états morbides peuvent trouver place. Notons seulement que si les facultés conscientes ne se développent pas, les facultés inférieures continuant leur évolution, il se produit une disproportion qui est caractéristique de l'idiotie. Si les facultés conscientes se développent normalement, les facultés inférieures évoluant de leur côté jusqu'à arriver à un excès notable d'énergie fonctionnelle, il se produit la dispro-

portion qui est caractéristique de l'état hystérique, que nous définirons, en empruntant les termes mêmes de M. Pailhas, « une simple inaptitude fonctionnelle des centres du psychisme supérieur et du psychisme inférieur à se coordonner mutuellement et dans la mesure d'une subordination régulière et suffisante pour constituer ce qu'il est convenu de considérer comme équilibre mental ».

Les influences du milieu tombant sur un système ainsi déséquilibré, donneront lieu à des manifestations hystériques plus ou moins accentuées.

M. Schnyder vient d'attirer l'attention sur l'influence des idées religieuses à ce point de vue.

L'hystérie « apparaît dans l'histoire chaque fois que les aspirations de l'esprit humain sont contenues et réprimées par les lois d'airain de l'ordre établi, dans les périodes qui précèdent les grandes révolutions morales, sociales et politiques. Le meilleur exemple nous en est fourni par le moyen âge, qui a été l'époque classique de l'hystérie des masses, période d'enfantement de l'individualisme, suivant l'expression d'Hellpach, où toutes les puissances conservatrices, l'Église en tête, s'unissaient pour arrêter l'essor de l'humanité vers le progrès ».

Ceci est de la déclamation. Les vues générales s'y prêtent; elles ont en outre l'avantage d'être peu compromettantes, parce qu'elles n'offrent à la critique rien de précis. Nous ferons simplement remarquer à M. Schnyder que tout le monde n'est pas de son avis, et nous nous permettrons de lui dire que quelqu'un, vraisemblablement aussi bien informé que lui-même et d'Hellpach, et dont l'essor vers le progrès, pas plus que le sien, ne fût arrêté par le despotisme de l'Église, Aug. Comte, a porté sur le moyen âge un tout autre jugement, quand il a dit que l'organisation sociale du système catholique à cette époque était jusqu'ici, dans son ensemble, le plus grand chef-d'œuvre de la sagesse humaine. Nous pouvons bien rappeler aussi que celui qui fut, après Aug. Comte, le chef de l'école positiviste, P. Laffite, ne craignait pas d'écrire en 1893 : « Le moyen âge prend, des mains de l'antiquité, la masse humaine esclave, et la transmet libre aux temps modernes. Ce grand résultat incontestable suffirait seul pour mettre à néant les théories révolutionnaires sur le caractère rétrograde du moyen âge ». Ce sont là paroles de savants aussi indépendants que M. Schnyder dans leur façon de juger. Ces aveux, que seule une conviction basée sur les faits a pu leur arracher, nous en rappellent un autre.

Lorsque, en mars 1902, on discuta au Parlement français une question relative aux remparts d'Avignon, ce ne fut pas chose banale d'entendre M. Pourquery de Boisserin, que personne ne pouvait soupçonner de trop de tendresse pour l'Église, dire du haut de la tribune : « Nos libertés communales étaient plus grandes sous les papes que sous la loi de 1884 ». Serions-nous donc sérieusement en recul au point de vue de l'émancipation politique, et en France, nos aspirations, contenues et réprimées par les lois d'airain de l'ordre établi, menaceraient-elles de faire renaître l'hystérie des masses?...

M. Schnyder, il est vrai, a confiance dans l'avenir. A mesure que disparaît le mysticisme religieux, la croyance aux esprits, aux démons, les troubles hystériques tendent, paraît-il, à devenir plus rares, ou du moins à se transformer : « On pourrait dire que le nervosisme s'est laïcisé en même temps que la mentalité ». La femme, jusqu'ici trop influencée par les idées conservatrices, va vers l'indépendance; le mouvement féministe aura pour conséquence heureuse de remplacer chez elle l'hystérie par la neurasthénie.

Pourtant, il y a des ombres au tableau. D'abord, l'émigration dans les villes des filles de la campagne fournit un contingent hystérique considérable inconnu jadis. Ensuite, « si la liberté de penser rencontre moins d'obstacles qu'autrefois, en revanche la lutte pour le bonheur a pris un caractère plus âpre; les revendications sociales, les luttes économiques constituent pour l'homme moderne une cause toujours renouvelée d'ébranlement moral » : contingent socialiste. Il faut avouer enfin que les classes élevées de la société fournissent, elles aussi, leur part. On observe chez elles une hystérie spéciale, régressive, que d'aucuns appellent démence pseudo-hystérique et dont certaines causes, que M. Schnyder connaît aussi bien que nous, n'ont rien à voir avec le mysticisme religieux : sorte de vésanie bourgeoise et laïque.

Cela n'est pas très gai, mais cela s'améliorera, sans doute, avec le temps. Le grand mal, c'est que l'homme, malgré les progrès incontestables de la civilisation, n'a pas encore secoué complètement le joug des superstitions religieuses, c'est que « son éducation morale repose encore pour une trop grande part sur le principe d'autorité transmis par l'Église. » M. Schnyder désire peut-être hâter le moment où apparaîtra une nouvelle espèce de psychonévrose : l'hystérie anarchiste?...

Mais laissons les neurologistes philosophes rêver aux

agréables surprises que nous ménagent les régimes sans autorité et rendons-nous au sage conseil de M. P. Sollier : « Ce qui cause la confusion actuelle sur la question de l'hystérie, c'est l'introduction dans son étude des conceptions philosophiques, morales et même métaphysiques. Il nous faut rester sur le terrain anatomique et physiologique ». M. Schnyder nous en avait un instant éloignés. Revenons-y en terminant.

Il y a, au fond des troubles hystériques, un développement fonctionnel anormal des centres de la vie réflexe. Cette anomalie constitutive est persistante : elle constitue un état du système nerveux. Cet état est considéré comme ordinairement héréditaire. Il peut cependant être acquis, et il relève alors soit d'une intoxication (en particulier l'intoxication alcoolique), soit d'une lésion organique (syphilitique ou autre), soit d'un traumatisme, soit d'une tumeur, etc... L'élément religieux n'intervient pas dans l'origine de l'état névrosique.

Cet état étant constitué, nombreuses seront les causes qui, agissant sur le système nerveux en déséquilibre, provoqueront les phénomènes hystériques. Pour M. Babinski, elles se réduisent toutes à la suggestion ou à la simulation subconsciente. D'autres parleront d'imitation, d'émotions vives causées par la douleur, la contrariété, la crainte, la frayeur, la sympathie, les illusions oniriques, etc... Il faut admettre aussi que l'exaltation du sentiment religieux peut intervenir comme déterminant dans les crises hystériques; mais il en est de même, par exemple, de l'amour maternel, et de beaucoup d'autres sentiments dont aucun neuropathologiste ne s'avisera jamais de réclamer l'extirpation du cœur humain. Tuer, ou mutiler, ou pervertir la vie morale est chose grave, et nous souhaitons qu'elle n'entre jamais dans la thérapeutique hystérique, pour le bien des hystériques eux-mêmes.

L. Boule, S. J.

SCIENCES ÉCONOMIQUES (1).

Le Compte rendu des opérations et de la situation de la Caisse générale d'Épargne et de Retraite sous la garantie de l'État vient de paraître. Il ne peut s'agir de faire ici l'analyse complète de cet intéressant document. Je me borne à quelques extraits.

Le tableau ci-après groupe au 31 décembre des années 1896, 1901 et 1906, les principaux éléments de la situation des trois institutions qui forment la Caisse générale (Caisse d'Épargne, Caisse de Retraite et Caisse d'Assurances).

	A. CAISSE D'ÉPARGNE					*B.* CAISSE DE RETRAITE		*C.* CAISSE D'ASSURANCES	
	Nombre de livrets existants	Montant des dépôts sur livrets (en millions).	Montant total des sommes déposées (en millions).	Montant nominal des dépôts sur carnets de rentes belges (en millions)	Avances aux sociétés d'habitations ouvrières et de crédit agricole (en millions)	Nombre approximatif d'affiliés	Fonds des rentes (en millions).	Nombre d'assurés.	Fonds d'assurances (en millions).
31 décembre 1896	1 238 601	481	495	128	15	39 000	17,0	5 028	1,50
31 décembre 1901	1 862 829	735	753	201	45	430 000	39,0	16 180	8,00
31 décembre 1906	*2 419 710*	*812*	*835*	*392*	*67*	*858 000*	*100,0*	*29 269*	*12,11*

Ce tableau permet de se rendre compte des progrès accomplis pendant la dernière période décennale ; il montre que le nombre des livrets de la Caisse d'Épargne a doublé en dix ans et que le nombre des affiliés aux Caisses de Retraite et d'Assurances a presque doublé en cinq ans.

Il permet aussi de constater que les capitaux d'épargne confiés à l'Institution s'élèvent à la somme de *1204* millions de francs, dont *812* millions inscrits sur les livrets d'épargne et *392* millions sur les carnets de rentes belges.

(1) Compte rendu des opérations et de la situation de la Caisse générale d'épargne et de retraite sous la garantie de l'État. — Année 1906. — Bruxelles, 1907. 1 vol. in-4°, 148 pages.

Il y avait au 31 décembre 1906, pour un nombre total de *2 420 000* livrets environ :

2 115 000 livrets environ de 1000 fr. et moins, pour un total de dépôts de 272 millions environ.
287 000 livrets environ de 1000 à 2000 fr. pour un total de dépôts de 441,3 millions environ.
18 000 livrets environ de plus de 2000 fr. pour un total de dépôts de 76,8 millions environ.

Le tableau suivant montre par province et pour le royaume la progression du nombre de livrets d'épargne rapporté au chiffre de la population.

NOMBRE DE LIVRETS DE PARTICULIERS PAR 100 000 HABITANTS

AU 31 DÉCEMBRE

	1900	*1901*	*1902*	*1903*	*1904*	*1905*	*1906*
Anvers	22143	23037	25037	25778	26027	26911	27582
Brabant	30820	32851	36647	38381	38751	40073	40671
Flandre occidentale .	20497	21730	23987	24891	25422	26609	27818
Flandre orientale . .	19461	20456	22180	22911	23680	24906	26008
Hainaut	31349	32378	33489	34169	34825	35458	36936
Liége.	25959	27585	30722	31777	32040	33571	34964
Limbourg	16502	17175	18678	19277	19638	20478	21832
Luxembourg . . .	24214	25682	27939	30186	32331	34456	36243
Namur	31845	32959	36690	38765	39874	41573	43054
Le Royaume . . .	25577	26880	29275	30363	30945	32114	33229

L'augmentation des dépôts d'épargne a entraîné une extension considérable des placements de la Caisse d'épargne. La statistique ci-après établie pour la dernière période décennale le montre bien.

AU 31 DÉCEMBRE DES ANNÉES	PLACEMENTS DÉFINITIFS							PLACEMENTS PROVISOIRES			
	Fonds de l'État	OBLIGATIONS de sociétés garanties par l'État	OBLIGATIONS de provinces et communes	OBLIGATIONS de sociétés	PRÊTS hypothécaires	AVANCES pour habitations	PRÊTS agricoles et avances aux sociétés coopératives de crédit agricole	PRÊTS sur nantissement	ESCOMPTE sur la Belgique	ESCOMPTE sur l'étranger	AVANCES pour habitations
	en milliers de francs	en milliers de francs	en milliers de francs	en milliers de francs	en milliers de francs	en milliers de francs	en milliers de francs	en milliers de francs	en milliers de francs	en milliers de francs	en milliers de francs
1897	176 417	34 307	69 595	94 443	1789	19 305	3949	25 639	45 719	74 575	645
1898	188 514	34 252	76 099	102 224	2154	24 663	4470	42 931	48 078	61 226	700
1899	187 209	52 928	80 005	94 401	1737	30 421	4798	51 311	55 177	77 172	692
1900	187 253	52 744	97 665	100 336	1873	37 000	5467	47 125	60 628	90 143	684
1901	200 196	52 891	106 121	111 427	5528	44 511	6246	33 263	74 795	117 286	681
1902	188 932	54 932	116 717	130 423	4643	51 404	6847	26 889	67 196	124 438	672
1903	169 088	57 779	126 270	117 026	1973	56 463	7471	24 918	70 435	133 867	744
1904	181 717	61 270	132 872	107 965	4083	62 523	7982	23 742	73 978	137 069	757
1905	179 795	70 007	137 148	107 626	6203	62 881	8334	34 922	81 293	130 272	539
1906	*179 041*	*69 426*	*149 163*	*106 458*	*8440*	*66 601*	*9292*	*41 561*	*87 543*	*139 276*	*523*
PROPORTIONS POUR CENT DE CHACUNE DES CATÉGORIES DE PLACEMENTS											
1897	32,29	6,28	12,74	17,28	0,33	3,53	0,72	4,69	8,37	13,65	0,12
1898	32,22	5,85	13,00	17,46	0,37	4,21	0,76	7,33	8,22	10,46	0,12
1899	29,44	8,33	12,58	14,85	0,27	4,78	0,75	8,07	8,68	12,14	0,11
1900	27,50	7,75	14,34	14,74	0,28	5,42	0,80	6,92	8,91	13,24	0,10
1901	26,59	7,03	14,09	14,80	0,73	5,91	0,83	4,42	9,93	15,58	0,09
1902	24,44	7,10	15,10	16,87	0,60	6,65	0,88	3,48	8,69	16,10	0,09
1903	22,07	7,54	16,48	15,28	0,26	7,37	0,97	3,25	9,20	17,48	0.10
1904	22,89	7,72	16,74	13,60	0,51	7,87	1 —	2,99	9,32	17,26	0,10
1905	21,95	8,55	16,74	13,14	0,76	7,68	1,02	4,26	9,92	15,91	0,07
1906	*20,88*	*8,10*	*17,40*	*12,42*	*0,98*	*7,77*	*1,09*	*4,85*	*10,21*	*16,24*	*0,06*

On comprend la difficulté d'obtenir pour ces placements avec toutes les garanties désirables un taux d'intérêt suffisamment rémunérateur. Voici, à cet égard, un tableau instructif donnant pour les trois dernières années le produit des placements et le taux moyen de l'intérêt net de ceux-ci. Pour

déterminer ce taux, on a considéré comme placement moyen, dans chaque catégorie, la moyenne des soldes mensuels des capitaux placés. Cette moyenne figure en tête du tableau.

		1904	1905	1906
Moyenne des soldes à la fin de chaque mois	Fonds de roulement à la Banque Nationale	6 074 170 »	4 449 011 »	8 180 468 »
	Placements définitifs	554 960 154,60	570 834 205,69	585 438 916,30
	Effets sur la Belgique	73 301 805,10	80 546 622,12	82 777 827,55
	» sur l'étranger	134 610 795,31	137 762 235,57	131 064 990,76
	Prêts sur nantissement	24 355 470,83	26 261 195,83	36 241 000 »
Produit des placements	Placements définitifs	17 601 191,65	18 080 717,96	18 338 117,27
	Escompte d'effets sur la Belgique	2 418 818,13	2 634 261,78	3 026 893,41
	» » sur l'étranger	3 232 562,28	2 959 068,03	3 965 326,71
	Prêts sur nantissement	948 740,19	939 073,17	1 360 729,76
	Locations	4 366 »	3 518,75	9 055 »
	Totaux	24 205 678,25	24 616 639,69	*26 700 122,15*
Taux moyen de l'intérêt net	des placements définitifs	3,172	3,167	3,134
	de l'escompte d'effets s^r la Belgique	3,300	3,270	3,657
	» » sur l'étranger	2,401	2,148	3,025
	des prêts sur nantissement	3,895	3,576	3,755
	Taux moyen général	3,074	3,018	*3,196*

D'ailleurs, la Caisse générale n'a pas seulement à placer les fonds provenant des dépôts d'épargne, soit 859 823 642 fr. 83, il faut y ajouter les placements de la Caisse de Retraite, 95 581 691 fr. 10 et ceux de la Caisse d'Assurances, 355 012 fr. 45. Si on tient compte enfin des dépôts sur carnets de rentes belges on arrive à un total de 1360 millions environ.

Les dépôts effectués à la Caisse d'Épargne par les sociétés coopératives de crédit agricole affiliées à une caisse centrale jouissent d'un traitement de faveur; l'intérêt de ces dépôts avait été fixé uniformément à 3 p. c., mais un arrêté pris en 1903 avait imposé aux sociétés la condition de ne pas accepter de dépôts individuels dépassant 2000 francs.

Cet arrêté visait les caisses rurales qui, méconnaissant leur véritable destination, fonctionnent plutôt comme sociétés d'épargne que comme sociétés de crédit; l'objet principal de l'arrêté était d'empêcher les déposants individuels des caisses rurales d'éluder l'application à des dépôts dépassant 2000 francs, du taux réduit d'intérêt de 2 p. c.

Cependant, il a semblé qu'un régime particulier serait justifié pour les sociétés dont les prêts dépassent les dépôts d'épargne :

un arrêté pris le 21 juin 1906 stipule que ces dernières sociétés sont admises à constituer un dépôt spécial, à concurrence d'une somme de 20 000 francs, bénéficiant d'un taux d'intérêt uniforme de 3 p. c., quelle que soit la façon dont il est composé.

L'intervention de la Caisse d'Épargne en matière d'habitations ouvrières n'a cessé de grandir.

Depuis la mise en vigueur de la loi du 9 août 1889, la Caisse d'Épargne a avancé successivement, pour la construction ou l'acquisition d'habitations ouvrières, des capitaux dont le montant atteignait, au 31 décembre 1906, *72 525 374* francs et qui ont permis de mettre à la disposition des classes laborieuses environ *36 300* maisons.

Les sommes restant dues, à la fin de l'année 1906, sur les avances de la Caisse d'Épargne, s'élevaient à *66 415 756* fr. *83*. Ces avances consistent principalement en prêts faits aux sociétés d'habitations ouvrières. Elles comprennent, en outre, des avances faites à des communes, quelques prêts effectués sous la caution d'intermédiaires personnels, et des prêts hypothécaires.

Le tableau suivant indique, au 31 décembre de chacune des années 1905 et 1906, le montant de ces avances et prêts :

	1905	1906
Avances à 2 1/2 p. c. aux sociétés . . .	27 790 128,13	27 700 748,13
Id. à 3 p. c. id. . . .	32 751 603,43	35 931 837,89
Id. à 3 1/4 p. c. id. . . .	1 676 476,17	2 130 326,77
Prêts à 3 p. c. sous la caution d'intermédiaires personnels.	32 332,13	16 258,86
Avances à 4 communes	453 110,10	548 283,63
Prêts hypothécaires	91 418,07	88 301,55
Total. . .	62 975 068,03	*66 415 756,83*

Le tableau ci-après donne des indications générales au sujet du mouvement des opérations de la Caisse de Retraite depuis 1900.

ANNÉES	NOMBRE de comptes nouveaux	NOMBRE de versements	MONTANT des versements	NOMBRE approximatif d'affiliés au 31 décembre	MONTANT du fonds des rentes (en millions)
1900	136 384	856 116	5 121 056,02	300 000	31,0
1901	133 606	1 368 406	8 853 414,08	430 000	39,4
1902	90 597	1 810 402	9 900 404,21	517 000	49,0
1903	114 978	1 903 640	10 476 321,15	627 000	59,6
1904	78 861	1 991 116	11 823 401,44	700 000	71,8
1905	85 138	2 122 080	12 685 100,71	780 000	85,2
1906	*86 151*	*2 224 727*	*13 706 894,47*	*858 000*	*100,0*

A la fin de l'année 1906 des arrêtés royaux ont apporté des modifications importantes au régime administratif de la Caisse de Retraite.

Des conditions plus rigoureuses ont été imposées à l'octroi de l'indemnité de funérailles des rentiers indigents. De nouveaux tarifs conçus dans un esprit de simplification et plus en rapport avec les frais d'administration ont été adoptés.

Les anciens tarifs exigeaient que l'âge au moment du versement fût évalué exactement en années et en mois.

Dans les nouveaux tarifs, l'âge de l'affilié calculé, à un trimestre près, à la fin de l'année du versement, est déterminé par deux éléments : la différence entre le millésime de l'année de versement et celui de l'année de naissance, le trimestre de la naissance. Ce mode de détermination, conséquence directe de la variation annuelle des rentes, réduira donc l'évaluation de l'âge au moment du versement à une simple différence de millésime. Quant au fait même de l'invariabilité du taux de la rente au cours d'une même année, il conduira à ne plus effectuer qu'un seul versement par an, en décembre.

Les nouveaux tarifs des rentes différées ne donnent que les rentes relatives à l'âge d'entrée en jouissance extrême, c'est-à-dire 65 ans. Ils sont complétés par un tableau des coefficients exprimant le rapport constant qui existe entre ces rentes et celles prenant cours aux autres âges fixés par la loi. Les rentes afférentes à ces âges s'obtiendront donc en multipliant les chiffres du tarif par les coefficients correspondants.

Le classement des comptes de retraite a été complètement modifié.

Jusqu'à présent ces comptes étaient classés par bureau de recettes; les écritures et le contrôle des opérations étaient donc établis de la même façon. Ce système de comptabilité s'adaptait malaisément aux méthodes techniques qui doivent présider à l'organisation administrative d'une caisse de retraite. L'établissement du bilan technique de l'Institution exigeait un travail considérable. De plus, la mobilité de la population de la Caisse de Retraite entraînait de nombreux transferts de comptes (22 663 en 1906), qui embarrassaient le travail administratif.

Le classement des comptes par bureau de recettes avait d'abord été commandé par des nécessités de contrôle, les versements étant constatés aux livrets individuels par les agents receveurs. La situation est autre en ce moment. Les sociétés mutualistes, qui englobent la grande majorité des affiliés, ont presque toutes

adhéré au système de versement inauguré en 1901, et dont la caractéristique réside dans la constatation du total des versements par une inscription unique portée sur un livret spécial, le livret global, ouvert au nom de l'organisme intermédiaire.

Le classement par bureau de recettes n'étant plus imposé par les circonstances, il a été décidé de grouper les affiliés suivant un ordre technique correspondant exactement aux procédés mis en œuvre pour le calcul des rentes et l'évaluation mathématique des charges de l'Institution. Dorénavant, les comptes du Grand-Livre de la Caisse de Retraite seront classés d'après la date de naissance des titulaires.

Grâce au classement des comptes par date de naissance, le calcul des rentes et la comptabilité s'établiront d'une façon rationnelle, par catégories techniques. Le calcul des rentes se réduira à l'application d'un taux uniforme et sera soumis par cela même à un contrôle efficace. L'évaluation des charges de l'Institution se dégagera directement des données de la comptabilité, après application d'un coefficient approprié à chacune des catégories d'âge.

Au 31 décembre 1906, la Caisse d'Assurances comptait :

24 636 contrats en cours conclus dans le but de garantir, en cas de décès, le remboursement de prêts consentis pour l'achat ou la construction d'habitations ouvrières, et comportant . . . . . fr.	55 134 671,89	de cap. ass.
et 6701 contrats en cours conclus par application de la loi du 21 juin 1894, comportant . . . fr.	8 413 464,11	»
Ensemble *31 337* contrats. . . comportant fr.	*63 548 136,00*	de cap. ass.

Un chapitre du Compte rendu de la Caisse générale est consacré aux œuvres de prévoyance créées en faveur de son personnel. Il est intéressant de citer la création d'un système complet de pensions pour les agents de l'administration, leurs femmes et leurs orphelins. Les mesures en vigueur jusqu'à présent avaient pour but de procurer aux membres du personnel une rente maximum de 1 200 francs et un patrimoine qui leur était remis lors de leur retraite. Dans la plupart des cas la rente était insuffisante, le patrimoine pouvait être mal utilisé et le sort de la veuve et des enfants n'était pas assuré d'une façon satisfaisante.

Je donne ci-dessous l'exposé du nouveau système.

La Caisse de Prévoyance qui vient d'être instituée a pour objet

d'assurer aux membres du personnel des rentes différées à l'âge de 65 ans, et à leurs veuves et orphelins, des rentes de survie.

L'affiliation à cette Caisse est obligatoire.

La Caisse de Prévoyance est subdivisée en quatre caisses, savoir :

I. Caisse de rentes différées;

II. Caisse de rentes de survie au profit des femmes;

III. Caisse de rentes de survie au profit des orphelins de père et de mère;

IV. Caisse d'épargne pour célibataires.

Ces différentes caisses sont alimentées comme il suit :

A. La Caisse de rentes différées (Caisse I), par une subvention accordée par l'Administration. Cette subvention est de 8 p. c. des traitements pour les employés et fonctionnaires à partir du grade de commis de 3e classe, et de 6 p. c. des traitements ou salaires, pour les employés subalternes (huissiers, classeurs, hommes de peine, etc.);

B. La Caisse de rentes de survie au profit des femmes (Caisse II), par une retenue sur les traitements ou salaires des fonctionnaires et employés mariés. Cette retenue est de 6 p. c. pour les fonctionnaires et employés, depuis le grade de commis de 3e classe, et de 4 p. c. pour les employés subalternes. Ces derniers reçoivent en outre une subvention de l'Administration, égale à 2 p. c. des traitements ou salaires, et qui est versée à la Caisse II.

D'autre part, cette Caisse reçoit le solde du compte d'épargne à la Caisse des célibataires, en cas de mariage d'un affilié à cette dernière;

C. La Caisse de rentes de survie au profit des orphelins de père et de mère (Caisse III)), par un prélèvement effectué sur les sommes destinées à la Caisse II, l'année de la naissance de chaque enfant, et suffisant pour l'acquisition d'une rente de survie de 300 francs temporaire jusqu'à l'âge de 18 ans et prenant cours à partir du décès du dernier survivant des père et mère;

D. La Caisse d'épargne pour célibataires (Caisse IV), par une retenue de 6 p. c. sur les traitements des fonctionnaires ou employés célibataires ou veufs, à partir du grade de commis de 3e classe, par une retenue de 4 p. c. sur les traitements ou salaires des employés subalternes, célibataires ou veufs, et par une subvention de 2 p. c. accordée à ces derniers par l'Administration.

Les rentes à charge de la Caisse III sont temporaires jusque 18 ans.

Le transfert à la Caisse II du solde du compte d'épargne individuel à la Caisse IV d'un membre qui se marie est obligatoire en principe.

En cas de célibat à l'âge de la retraite (65 ans), le solde du compte de l'affilié à la Caisse IV est, soit remis au titulaire, soit transformé en une rente immédiate acquise au profit de ce dernier à la Caisse I.

Des mesures d'ordre financier ont été prises pour éviter que les écarts de mortalité ne puissent nuire à la stabilité du nouvel organisme. B.

GÉOGRAPHIE

Le problème de l'eau à Coolgardie (*Australie occidentale*) (1). — Depuis la découverte de remarquables filons aurifères à *Coolgardie* (1892) et à *Kalgoorlie* (1894), situé 40 kilomètres plus à l'est, les mines d'or constituent la principale richesse de l'*Australie occidentale*, la plus jeune des sept colonies australiennes. Grâce aux exploitations, qui n'ont cessé de se multiplier et ont produit, en 1903, 182 millions de francs d'or, alors que l'*Australie* entière n'en a fourni que 444 millions, l'intérieur du pays commence à se peupler; *Coolgardie* a déjà 4213 habitants, *Kalgoorlie*, 6583 habitants, et l'ensemble du district où gît le précieux métal (*Coolgardie goldfields*), 41 500 âmes environ. Or, l'énorme surface de la colonie (2 527 633 kilomètres carrés, cinq fois la *France*) n'est occupée que par 182 553 individus.

L'intérieur de l'*Australie occidentale (West Australia)* est un véritable désert, argileux ou sablonneux, partagé entre la brousse à plantes épineuses (*scrub* à *spinifex*) et la forêt extrêmement clairsemée d'eucalyptus. A *Perth*, la capitale, non loin de la côte, les précipitations atteignent 849 millimètres, à *Coolgardie* 177 millimètres à peine. Le régime des pluies vient aggraver cette disette d'eau; il tombe en automne et en hiver quelques violentes averses, mais le printemps et l'été sont

(1) Par Paul Privat-Deschanel, La Géographie, *Bull. de la Soc. de Géogr. de Paris*, t. XIV (1906), pp. 13-18.

presque absolument secs. La question de l'eau, élément capital pour le traitement des minerais notamment, est donc le problème essentiel à résoudre en ce pays, où il n'y a ni rivières, ni lacs permanents.

Les mares naturelles, assez abondantes dans les nombreuses déclivités des protubérances granitiques de l'Ouest australien, ne fournissaient pas assez de liquide; on chercha à s'en procurer en creusant des puits dans des mares temporaires; on trouva, à une faible profondeur, une nappe d'eau salée. « Tout le pays est un ancien fond de mer, dont le sol est imprégné de sels; les pluies n'ont pu les entraîner; la salinité est quelquefois quadruple de celle de l'Océan ». Malheureusement ces eaux, qu'on peut employer pour le traitement des minerais, coûtent très cher : on les paye 2 francs l'hectolitre. Pour les utiliser dans les chaudières, il faut les transformer en eaux douces, par la distillation dans des condensateurs; mais, dès lors, elles reviennent à 6 pence le gallon (4 litres 54), ou 15 centimes le litre. D'où exploitation trop coûteuse des bons filons et impossibilité d'exploiter avantageusement les mines à faible rendement. Beaucoup de mines, en effet, ne donnent que 10 dwt (1) à la tonne, et il en aurait coûté 11 pour les extraire.

Pour sauver l'industrie et assurer le bien-être aux habitants, des hommes d'initiative conçurent le projet grandiose (dont coût 63 125 000 francs) d'amener à *Coolgardie* de l'eau depuis la côte. La côte méridionale relativement proche, étant plate et sèche, on prit pour point de départ la côte occidentale, où les précipitations atteignent de 529 à 542 millimètres.

L'ensemble de l'ouvrage comprend un vaste réservoir d'alimentation à proximité de la côte, un aqueduc formé de conduites métalliques, un réservoir d'emmagasinement et de distribution à *Coolgardie*.

Le réservoir d'alimentation, dit réservoir de *Greenmount*, s'étend, quand il est plein, sur 11 kilomètres de longueur et a une capacité de 20 884 000 mètres cubes. Situé à 53 kilomètres de *Perth*, à 56 kilomètres de *Fremantle*, à 523 kilomètres de *Coolgardie*, dans les *Greenmount Ranges*, partie de la chaîne des

(1) Les métaux précieux se mesurent, dans les pays anglais, au moyen d'une unité appelée *livre troy* qui vaut 373 gr. 2. La *livre troy* se divise en 12 *onces (oz)* valant 31 gr. 1. L'once est elle-même partagée en 20 *pennyweigts (dwt)* valant 1 gr. 555. La tonne dont il est ici question est la tonne anglaise de 1015 kgr. 7056; cette tonne représente 2240 livres anglaises, dites *livres-avoir-du-poids*, valant 453 gr. 44.

Darling Ranges, qui longe la côte occidentale de l'*Australie*, il est établi sur la rivière *Helena*, affluent de la *Swan River*, à 103 mètres d'altitude.

Pour transporter l'eau, recueillie à 103 mètres d'altitude, jusqu'à 503 mètres, et cela sur un parcours de 523 kilomètres, il a fallu employer des conduites d'acier d'un type spécial et recourir à l'emploi de puissantes pompes refoulantes.

L'aqueduc, construit en partie dans des tranchées ouvertes, en partie entièrement à l'air libre, en partie sous le sol, constitue l'œuvre originale et vraiment grandiose de l'entreprise : il est fait de 65 800 tuyaux mesurant $8^{m},512$ de longueur et $0^{m},75$ de diamètre intérieur; l'épaisseur des parois métalliques est de $0^{m},125$. L'aqueduc est divisé en huit sections, d'une longueur moyenne de 40 milles anglais, soit 64 kilomètres. En raison de l'altitude du point d'arrivée, ces stations sont munies de pompes de refoulement. Le pompage coûte malheureusement cher. Les réparations étant fort difficiles dans ces contrées, on emploie des machines, à rouages très simples, mais consommant beaucoup de charbon. Or, il se paye 40 francs le long de la voie ferrée qui relie *Coolgardie* et *Kalgoorlie* d'une part à *Perth*, d'autre part à *Fremantle*, port d'escale des paquebots européens. Le réservoir d'arrivée est disposé un peu au-dessus de *Coolgardie*, à l'altitude de 1653 pieds anglais, soit 504 mètres; il peut fournir journellement cinq millions de gallons (22 700 000 litres); pour éviter des interruptions, sa capacité est portée à 20 millions de gallons (90 800 000 litres). L'administration livre l'eau à 3 shillings 6 pence les mille gallons (4 fr. 35 les 4540 litres), soit le vingtième du prix payé avant les travaux d'adduction.

Le *Coolgardie water scheme* est, dans la pensée de ses promoteurs, un type appelé à se généraliser dans tout le continent austral. « Partout en *Australie*, le problème de l'eau est le plus essentiel à résoudre, le plus vital pour la colonisation et la mise en valeur du pays. A l'est, dans le bassin du *Murray-Darling*, centre de l'élevage du mouton à laine, il est possible d'utiliser et on a utilisé en fait une abondante nappe artésienne; mais encore aujourd'hui la plus grande partie de l'eau tombée dans la chaîne côtière, le *Dividing Range*, reste inemployée. On peut, pour l'Ouest australien, prévoir des résultats plus importants. Ici, pas de nappe souterraine, à l'exception du minuscule bassin de *Perth;* pas de rivières non plus dans l'intérieur; il faut de toute nécessité faire venir l'eau des montagnes côtières. Déjà des projets précis sont à l'étude. D'ici peu, l'aqueduc de *Coolgardie* sera

prolongé jusque dans le riche district minier de *Kalgoorlie*, le plus riche de toute l'*Australie*, où l'eau permettra le développement de nombreuses mines, actuellement délaissées. Plus tard, on conduira l'eau nécessaire sur les différents champs aurifères et dans les principaux centres de colonisation agricole et pastorales de la colonie. Il est vraisemblable qu'au bout de peu d'années la *Westralie* intérieure, si déshéritée jusqu'ici, tirera de cette *multiplication de l'eau* les éléments d'un développement économique que rien ne pouvait jusqu'à ces derniers temps faire prévoir. L'*Australie* dans son ensemble et le monde civilisé tout entier en profiteront. »

La banquise et la côte nord-est du Grönland au nord du 77° de Lat. N., en 1905 (1). — Une énorme banquise, aux proportions variables d'après les années et les saisons, et la plus redoutable de l'hémisphère nord, se rencontre entre le *Grönland* et le *Spitsberg* septentrional. Au nord-est de ce dernier archipel, elle laisse, le long de la côte, un chenal navigable qui s'étend jusqu'au méridien du détroit de *Hinlopen*, et parfois dès le début de l'été arctique, jusqu'aux *Sept-Iles*; plus à l'ouest elle se maintient entre 80° et 81° lat. N., puis elle décrit un arc de cercle pour suivre vers le sud le méridien de Gr., autour duquel sa limite orientale oscille, par 78° lat. N., entre 5° long. E. Gr. et 5° long. W. Gr. Du 78° lat. N. l'*iskant*, la lisière de la banquise, s'infléchit au sud-sud-ouest, vers *Jan Mayen*, où elle forme, entre 72° et 74° lat. N., un grand golfe, qui permet l'accès de la côte du *Grönland*. Au sud de *Jan Mayen* la banquise se rétrécit jusqu'à ne plus mesurer, sous le parallèle de l'*Islande*, qu'une largeur de 100 à 150 milles dans le *détroit de Danemark*.

Toute cette formidable masse de glace est animée, le long de la côte orientale du *Grönland*, d'une dérive relativement rapide, sous l'impulsion du courant polaire. Mais exception faite de ce courant, on ne savait rien, ou presque rien de la circulation océanique, et de l'allure des profondeurs marines dans la partie de l'*océan Arctique*, comprise entre le *Spitsberg* et le *Grönland*; lacune d'autant plus regrettable que la mer grönlandaise est l'exutoire du bassin polaire.

Grâce à l'exploration océanographique, nous insistons sur ce

(1) Par A. de Gerlache, LA GÉOGRAPHIE, t. XIV (1906), pp. 125-142 et 2 pl. hors texte.

mot, du *duc d'Orléans*, qui acheta la *Belgica*, et en confia le commandement au sympathique et vaillant *de Gerlache*, les mystères qui couvraient ces régions sont en grande partie levés.

Le 3 juillet 1905, la *Belgica* appareillait de *Tromsö;* on visita les côtes ouest et nord du *Spitsberg*, puis on attaqua le 9 juillet la banquise polaire du *Grönland*, par 80° 20′ lat. N. et 5° 40′ long. E. Gr. Afin de porter ses investigations dans un secteur inexploré de l'*océan Arctique*, le prince s'efforça de le traverser et d'atteindre la côte à une latitude plus élevée que ses devanciers. Sans doute l'expérience acquise dès le XVIIe siècle par les baleiniers, et que les explorations modernes vinrent confirmer, enseignait que la banquise est particulièrement navigable entre 72° et 74° lat. N.; mais en matière de navigation polaire, note *de Gerlache,* il n'y a pas de loi absolue; d'ailleurs la *Belgica* venait du *Spitsberg*, donc du nord. Les faits vinrent confirmer ces prévisions ; le 21 juillet, on trouva une brèche par 76° 12′ lat. N., 5° 40′ long. W. Gr.; le 24, on aperçut dans l'ouest des terres élevées : les îles *Koldewey* et la *Terre du roi Guillaume*, découverte en 1870, par l'expédition de la *Germania;* enfin le 26 juillet, on parvint à une petite distance du *cap Bismarck*, terme du raid entrepris par *Koldewey* et *Prayer*, en 1870, et le 27 à l'*îlot Maroussia*, un peu au sud de ce cap, et où l'on releva une faune assez riche et une flore d'une étonnante vitalité; on était par 76° 37′ lat. N. et 18° 33′ long. W. Gr. Le prince atterrissait ainsi deux degrés plus au nord qu'aucune autre expédition. Cet atterrissage présente un intérêt scientifique d'autant plus remarquable que l'itinéraire qui le précéda fut marqué par de minutieuses « stations » océanographiques, au cours desquelles on détermina une section bathymétrique à travers une zone de la mer grönlandaise réputée inaccessible.

Dès le 28 juillet on remonta vers le nord et l'on découvrit une « terre nouvelle », l'*île de France*; c'est une ancienne moraine s'élevant en pente douce jusqu'à une altitude de 160 mètres; bien qu'il n'y ait sur cet amas de pierres que fort peu de terre végétale, la flore est plus abondante et plus variée que dans l'*île Maroussia* : l'herbier de l'expédition s'enrichit de dix-neuf phanérogames, de sept variétés de mousses, de quatre champignons, de six lichens; au sud-est, le promontoire oriental ou *cap Philippe* se trouve par 77° 38′ lat. N., 17° 36′ long. W. Gr., au sud-ouest le *cap Saint-Jacques* par 77° 36′ lat. N., 18° 10′ long. W. Gr.

Le 30 juillet, à minuit, la *Belgica* se trouvait par 78° 16′ lat. N.,

16° 48′ long. W. Gr., donc à 167 milles au nord du point extrême atteint sur un navire par une expédition scientifique (*Germania*, 75° 29′ lat. N., 27 juillet 1869); il fut impossible de pousser plus avant en raison de l'état des glaces (*drift ice*); mais on tenta une pointe vers l'est pour pratiquer quelques sondages suivant le même parallèle à peu près que ceux des 15 et 16 juillet. A ces dernières dates, on releva, par une latitude moyenne de 78° 13′ et 5° long. W. Gr., des profondeurs de 2700, de 2100, et, à 19 milles plus à l'ouest de ces stations, de 1425 mètres. Le 31 juillet, la sonde accusa 470 mètres de fond, et successivement, sur une distance de 30 milles, 220 mètres, 100 mètres, et 58 mètres seulement; la sonde à chambre ayant rapporté quelques cailloux, les explorateurs conclurent à la découverte d'un banc morainique, qu'ils appelèrent *banc de la Belgica*; ils se sont même demandé s'ils n'étaient pas à proximité d'une ile, car ils virent deux corbeaux et un morse; or, ces animaux ne s'éloignent guère de terre.

La *Belgica* se trouvant, les 1er et 2 août, par 78° 15′ lat. N. et 16° 30° long. W. Gr., les parties basses des terres apparurent par suite de la dispersion de la brume, et la côte grönlandaise s'étala en un immense panorama de 80 à 90 milles de développement, qu'on s'efforça de relever, mais le croquis, qui porte sur 2 degrés de latitude (77° à 79° lat. N.), ne peut répondre de tous points à la réalité; les explorateurs se sont en effet trouvés, sur une partie de leur parcours, à 20 milles de distance au moins des accidents de terrain; mais ils osent conjecturer, tant par ce qu'ils ont vu que par analogie avec ce qui existe au sud du 77° lat. N., qu'entre celui-ci et le 79° lat. N., la côte grönlandaise est découpée par des fjords profonds, dont plusieurs communiquent probablement entre eux loin à l'intérieur des terres.

Le 18 août, la *Belgica* sortait de la banquise, où elle était engagée depuis quarante jours, et le 23 août elle abordait à *Reykjavik*.

Exposé des travaux scientifiques de l'expédition antarctique française 1903-1905 (1). — Frappé de deux faits : de la richesse des mers antarctiques en balœnoptères et en mégaptères, et des difficultés de la navigation en ces parages, difficultés qui ont coûté la vie à tant de baleiniers;

(1) Par Jean Charcot, La Géographie, t. XIV (1900), pp. 245-260, 1 pl. hors texte et 8 fig. dans le texte.

désireux, d'autre part, d'aider au progrès général des sciences géographiques, le Dr *Charcot* organisa une expédition, qui est venue combler d'importantes lacunes existant dans les cartes de la côte occidentale de la *Terre de Graham.*

Au nord, entre 64° et 65° lat. S. l'expédition de la *Belgica* avait découvert et levé un large passage (*détroit de Gerlache*) entre cette terre et les grandes îles de l'*archipel Palmer;* mais les contours extérieurs de ces dernières restaient inconnus et les débouchés mêmes du détroit au nord comme au sud manquaient de précision. Au nord, par exemple, où *de Gerlache* ne s'était pas occupé de ranger les îles *Hoseason* et *Intercurrence*, les cartes anglaises identifiaient à tort l'île *Hoseason*, jadis relevée par *Bransfield* et *Foster*, avec l'île *Liège* des cartes belges, et au sud, la large ouverture du *détroit de Gerlache*, sur l'*océan Pacifique*, n'avait été vue que de loin, sans aucune indication des chapelets d'îlots et de récifs qui s'y égrènent.

En ce dernier point, au surplus, se présentait un important problème géographique. Le baleinier allemand *Dallmann* (1873-1874) avait placé ici le débouché d'un long détroit, dont il n'avait pas pu voir le fond, et qui établissait sans doute une communication entre le *Pacifique* et l'*Atlantique*, coupant la pointe septentrionale de la *Terre de Graham*. L'expédition de la *Belgica* constata qu'à la latitude donnée par *Dallmann*, il n'existait qu'une profonde baie, la *baie des Flandres*, et on reporta vers le sud l'indication du baleinier allemand, pour la faire coïncider avec le large golfe situé au sud du *cap Tuxen*, dont la brume sans doute leur avait masqué le fond.

« Enfin, plus au nord, les cartes ne donnaient que la direction générale (nord-est-sud-ouest) de la terre, avec l'indication vague d'îles aperçues par *Biscoe* et deux seuls points un peu mieux précisés : les *îles Pitt* et *Adélaïde.*

» Au delà c'était l'inconnu encore plus complet, jusqu'à la *Terre Alexandre Ier*, vue une première fois par *Bellingshausen* (1819-1821), une seconde fois par le baleinier norvégien *Evensen*, à bord de l'*Hertha* (1893), enfin par l'expédition de la *Belgica*, mais d'une distance trop grande pour qu'on en puisse distinguer les caractères. »

Pendant l'hivernage qu'il fit dans l'*Antarctique, Charcot* détermina plusieurs importants sommets, parmi lesquels il faut distinguer le *Français* (*île d'Anvers*, 2869 mètres d'altitude); il fixa un certain nombre des îles *Biscoe*, et la position de la côte sud de l'*île d'Anvers;* il traça tous les contours extérieurs de

l'*archipel de Palmer*, notamment de la grande *baie de Dallmann*, débouchant au sud sur le *détroit de la Belgica*, par le *chenal de Schollaert*, qui sépare les *îles Brabant* et *Anvers;* enfin on releva avec soin diverses sections de côtes de la *Terre de Graham :* rivage compris entre 67°5′ lat. S. et 66°40′ lat. S. environ, et qu'on appela *Terre de Loubet;* ligne de côtes faisant face aux *îles Biscoe*, et rayonnant autour du *cap Waldeck-Rousseau* (66°3′ lat. S.; 68°30′ long. W. Gr. environ); enfin partie de côte comprise entre le *cap P. Willems* (en face de l'*île Wiencke*) et les *îles du Chaylard* et *Vieugué*. Ce dernier relevé donna la certitude qu'il n'existe pas, dans toute cette étendue, un passage vers l'*Atlantique*. « L'identification des détails de la carte de *Dallmann* se fait, d'ailleurs, d'une façon très satisfaisante plus au nord et permet d'affirmer que le *détroit de Bismarck* n'est autre que l'entrée sud du *détroit de Gerlache*. Le profond renfoncement de la *baie des Flandres* a été cause de l'erreur du navigateur allemand faisant ouvrir ce détroit vers l'est dans l'*Atlantique*, alors qu'il longe simplement la côte ouest de la *Terre de Graham*, venant aboutir au nord-est dans l'ancienne *baie de Hugues*. »

La campagne hydrographique du Dr *Charcot* se complète par la découverte de deux ports, où l'on peut séjourner en toute sécurité et que l'on peut atteindre, car la mer libre les baigne pendant près de six mois de l'année; ce sont : *Port Charcot* (*île Wandel*) et *Port-Lockroy* (*île Wiencke*); et par le levé de l'entrée nord du *détroit de Gerlache*, où l'on replaça, notamment, les îles *Hoseason* et *Intercurrence*, dont l'existence avait été mise en doute.

Vers le Pôle magnétique boréal par le passage du Nord-Ouest (1). — *Roald Amundsen* s'était proposé de poursuivre l'exploration des terres voisines du pôle magnétique boréal et d'effectuer pendant deux ans des observations minutieuses afin de déterminer de nouveau la position de ce point déjà observée par *James C. Ross* en 1831; il espérait aussi, si l'état des glaces le permettait du côté de l'ouest, d'effectuer en bateau le passage du nord-ouest, problème quatre fois séculaire, dont la solution était toujours attendue, malgré les efforts gigantesques de bon nombre d'explorateurs.

Pour parvenir à ses fins, *Amundsen* employa les moyens les

(1) Par Roald Amundsen, La Géographie, t. XV (1907), pp. 233-252.

plus simples : un modeste équipage de six hommes, et un navire de très faible tonnage, la *Gjöa*, sloop de 47 tonnes, mû par un moteur à pétrole. On appareilla le 16 juin 1903 de *Christiania*, et le 25 juillet on jeta l'ancre devant *Godhavn*, la capitale du *Grönland septentrional*, où l'on séjourna jusqu'au 31 de ce mois. Le 8 août on était à l'*île Holm*, à l'entrée de la *baie de Melville*, le 15 août au rocher de *Dalrymple;* on traversa le 17 août la *baie de Baffin*, en face des *îles Carrey*, et on pénétra le 20 dans le *détroit de Lancaster* dont la rive, fort désolée, ne porte aucune trace de végétation; il n'y a partout que hautes montagnes aux sommets plats.

La *Gjöa* arrivait le 22 août à l'*île Beechey*, où se trouve, comme l'on sait, l'épitaphe dédiée à son mari par Lady *John Franklin*. Les observations ayant prouvé à *R. Amundsen* que le pôle magnétique se trouvait plus au sud, il continua, dès le 24 août, sa navigation vers le *détroit de Peel*. Malheureusement la boussole, qui s'était toujours montrée assez sûre, cessa net d'obéir, près de l'*île de Prescot;* cet accident n'empêcha pas l'expédition de remporter une première victoire dès le 28 août; ce jour-là, en effet, elle dépassa aisément le point où sir *Allen Young* avait été arrêté sur la *Pandora* par des glaces infranchissables, et un peu plus tard elle franchit la partie occidentale du *détroit de Bellot*, que l'amiral sir *Léopold Mac Klintock* avait essayé en vain de passer. Alors commença la navigation le long de la côte ouest de *Boothia Félix*, où l'on jeta l'ancre le 31 août devant le *cap Christian Frédéric*. Le 9 septembre, après dix jours de lutte contre les éléments déchaînés, on entrait dans la *baie de Petersen*, sur la *Terre du roi Guillaume*, où l'on hiverna, pendant deux ans, dans un excellent mouillage, le *Gjöa havn*. Non seulement « des collines couvertes de mousses montent en pente douce jusqu'à 50 mètres d'altitude et forment pour ainsi dire un nid de verdure de toute sécurité »; mais, chance étonnante, le havre, où l'on avait résolu de s'installer, convenait particulièrement, d'après le plan de l'expédition, pour une station magnétique, à 100 milles environ du pôle magnétique.

Dès le 2 novembre, le travail de la station fixe commença : « Jour et nuit, sans interruption pendant dix-neuf mois, les observations magnétiques furent exécutées et les observations météorologiques enregistrées »; ce travail fut complété par des excursions aux abords du pôle magnétique; c'est au cours d'un de ces déplacements, à *Boothia Félix*, qu'*Amundsen* constata, en mesurant la déclinaison, que le pôle même n'est pas un point immobile, mais au contraire un point en mouvement continu. Le *port*

de Gjöa fut aussi le centre de rayonnement de plusieurs voyages de découverte, au cours desquels on subit des températures extrêmes de — 53° et — 62° C. (mars 1904), avec une moyenne de — 43° C. en février 1904, et qui permirent notamment (avril 1905) le levé de la côte est de la *Terre Victoria*, jusqu'à 72° lat. N., et des centaines de petites îles basses, aperçues par le docteur *Rae* au sud du *détroit de Victoria*. C'est aussi au cours de ce séjour et de ces déplacements qu'on prit contact avec les *Esquimaux* de la côte nord de l'*Amérique* et qu'on put étudier leurs mœurs : les *Ogllouli*, qui chassent entre le *fleuve Black* et la *presqu'île Adélaïde;* les *Netchjilli*, d'une probité à toute épreuve; leur pays comprend les bords du grand *lac de Willersted*, dans l'*isthme de Boothia,* et la partie de la rivière qui met ce lac en communication avec la mer; les *Itchjonachtorrik*, établis à la côte est de *Boothia Félix,* et dont *Amundsen* n'eut pas à se louer; la tribu *Kinepatou*, qui habite à l'embouchure du *Chesterfield inlét*, près de la *baie d'Hudson;* la tribu des *Kiilnermioun*, absolument inconnue, qui vit des produits de la chasse, près de la rivière *Coppermine* et plus loin dans l'est.

Le 13 août 1905, la *Gjöa* leva l'ancre pour poursuivre sa route vers l'ouest, elle franchit le *détroit de Simpson;* elle traversa, pour éviter le *pack* du sud, les chenaux peu profonds séparant les nombreux îles et îlots dont est parsemé le bras de mer entre la *Terre du roi Guillaume* et la *Terre de Victoria;* finalement elle s'engagea dans le détroit, qui existe entre la *Terre de Victoria* et le continent, d'où elle arriva, le 21 août, après avoir passé une région de hauts fonds, au *détroit de Dolphin et de l'Union*. Là les explorateurs purent respirer; le 26 août, ils parvinrent dans la région des baleiniers, à l'un desquels ils firent visite, puis ils doublèrent les *caps Bathurst* et *Sabine*, passèrent devant le delta du *Mackenzie* et furent contraints, dès le 3 septembre, par suite de l'état des glaces, à un troisième hivernage près de *King's point* (69° 10' lat. N., 173° 45' long. W. Gr.). Le 11 juillet 1906, on put lever l'ancre; on suivit le 30 août le *détroit de Bering* et l'on arriva le lendemain à *Nome*, célèbre par ses gisements aurifères. La *Gjöa* avait réalisé l'exploit de la *Véga* et de *Nordenskiöld* au nord de l'*Europe* et de l'*Asie*.

Nouvelle campagne polaire du commandant Peary 1905-1906. — Comme pour ses précédentes tentatives, *Peary* a emprunté la voie du *Smith Sound*. Il alla établir ses quartiers d'hiver sur la côte septentrionale de la *Terre de Grant*.

En février 1906, il s'embarqua en traîneaux pour le Nord, en passant par les *caps Hecla* et *Colombia*. Après des difficultés sans nom (tempête, nappe d'eaux libres entre 84° et 85° lat. N., dérive caractéristique vers l'est, etc.), il atteignit 87° 6′ lat. N. Il battit alors en retraite vers la côte nord du *Grönland*, où il arriva, à bout de forces et privé de ressources ; les explorateurs avaient dû manger huit de leurs chiens. A peine avait-il rejoint son havre d'hivernage, que *Peary* se dirigea en traîneaux vers l'ouest, pour compléter le levé de la *Terre de Grant ;* il eut la bonne fortune de découvrir une autre terre par 100° long. W. Gr. environ. Il semble que ce soit une île distincte de la *Terre Ringnes* et de la *Terre Axel Heiberg*, rencontrées par *Sverdrup*.

Grâce à cette nouvelle exploration, *Peary* bat tous les records polaires, car il n'est resté qu'à 324 kilomètres du pôle. En 1896, *Nansen* parvint au 86° 12′ 3, et, en 1900, le commandant *Cagni*, de l'expédition du *duc des Abruzzes*, à 86° 33′49″. La dérive vers l'est, qui a particulièrement frappé *Peary*, montre que les glaces amoncelées dans l'*océan Arctique* sont entraînées surtout vers l'*Atlantique*, où elles trouvent notamment un exutoire grandiose entre le *Grönland* et le *Spitsberg*.

Le Port de Bayonne (1). — Ce port est formé par le cours inférieur de l'*Adour*, entre l'embouchure de ce fleuve et le confluent de la *Nive*. La section du port accessible aux navires a une longueur de 6000 mètres environ; la largeur, qui atteint 400 mètres au centre, n'est nulle part inférieure à 150 mètres; les profondeurs, dans le milieu du chenal, varient entre $3^m,80$ et 12 mètres au-dessous du zéro des échelles du port. La marée accroît, en moyenne, cette profondeur de $2^m,11$ en morte eau, de $3^m,62$ en vive eau d'équinoxe.

Dans le cours des treize dernières années, on s'est efforcé de faire de l'*Adour* maritime un port véritablement moderne. Les travaux ont ou ont eu un triple objet : 1° l'amélioration des passes de la barre; 2° l'aménagement du lit de l'Adour; 3° la construction et l'outillage des quais.

1° Grâce aux dragages intensifs, on a abaissé considérablement le seuil qui constitue la barre de l'*Adour*. Aujourd'hui le port reçoit facilement et par toutes marées, des navires de 80 mètres de longueur ayant un tirant d'eau de $6^m,50$ et jaugeant 3500 tonnes. « Les calaisons généralement admises à l'entrée en

(1) Par H. Cavaillès. Ann. de Géogr., 1907, pp. 15-22.

1904 ont varié de $5^m,25$ dans les mortes eaux jusqu'à $7^m,75$ dans les vives eaux. Ces conditions d'accès font désormais de *Bayonne* un bon port en eau profonde. » Mais, il y a des mais. L'accroissement des profondeurs réalisé à l'embouchure a facilité l'entrée du fleuve aux lames du large dans la partie inférieure du port. La houle s'y fait sentir plus fortement, notamment devant les quais du *Boucau*, où le chargement et le déchargement des navires ont dû être interrompus. On cherche à obvier à cet inconvénient. D'autre part, par gros temps, l'accès de l'*Adour* est presque impossible. L'embouchure du fleuve n'est pas seulement trop étroite, mais elle pâtit de la disposition rectiligne de la côte, que nul accident naturel, île ou cap, ne défend contre les lames du large. Dès que des tempêtes du nord-ouest ou du sud-ouest sévissent, les navires, sous peine d'être jetés à la côte, doivent regagner la haute mer. Ils ne restent cependant pas sans abri : à une vingtaine de kilomètres au sud de l'*Adour*, ils trouvent un excellent port de refuge dans la *rade de Saint-Jean-de-Luz*, accessible par tous les temps, et qu'on a d'ailleurs aménagée;

2° Du jour où l'entrée de l'*Adour* a été assurée par l'amélioration définitive de la barre, on s'est préoccupé d'aménager le lit du fleuve qui constitue le port. Le chenal est interrompu dans sa longueur par des hauts fonds qui déterminent trois passes difficiles et étroites; elles vont être rectifiées et approfondies;

3° Quant à l'accostage des navires et à la manutention des marchandises, le port de *Bayonne* se divise naturellement en deux parties : le *Boucau* et *Bayonne*.

Au *Boucau*, l'*Adour* n'est bordé de quais (1500 mètres de longueur) que sur la rive droite. Ils sont munis de voies ferrées et reliés au réseau de la Compagnie des Chemins de fer du Midi.

A *Bayonne*, les deux rives ont des quais (2145 mètres de développement); la rive gauche est celle où la disposition des lieux est le plus favorable à l'établissement d'un port bien aménagé.

Les travaux faits jusqu'à ce jour ont rapporté des fruits. Depuis un demi-siècle le mouvement commercial du port de *Bayonne* va se développant. Le tonnage des marchandises représentait en 1875, 135 500 tonnes; en 1900, il a atteint 793 800 tonnes. Ce remarquable accroissement de trafic, dont le *Boucau* a particulièrement profité (487 600 tonnes en 1904, 263 500 tonnes seulement la même année pour *Bayonne*), s'explique, abstraction faite des meilleures conditions d'accès du fleuve, par deux causes essentielles : 1° le développement pris par le commerce des poteaux de mines et des autres produits forestiers que les expor-

tateurs dirigent vers l'*Adour* maritime ; 2° la création d'importantes industries sur la rive droite du fleuve : Forges de l'*Adour*, manufacture des produits chimiques de *Saint-Gobain*, fabriques de ciment, scieries, etc.

La position très heureuse de *Bayonne* au voisinage de la route maritime qui mène des charbonnages anglais aux mines de fer de la *Biscaye*, lui permet d'acquérir les produits des uns et des autres avec le minimum de frais de transport. C'est donc la facilité et le bon prix des transports, ainsi que les besoins de l'agriculture régionale, et l'attraction exercée par les ports maritimes, qui expliquent la naissance d'un mouvement industriel accentué sur ce point du littoral français.

Ainsi *Bayonne*, port d'entrepôt et de transit pour l'*Espagne*, il y a quelques années, tend à devenir un centre industriel et le débouché de la région landaise ; la nature des importations et des exportations fait toucher du doigt cette double tendance. Aux importations (492 900 tonnes) on note des minerais (73 000 tonnes) qui vont alimenter les industries naissantes ; de la houille (312 000 tonnes) destinée aux usines et aux villes de l'intérieur, des phosphates (46 500 tonnes), des céréales (24 500 tonnes), des vins (10 000 tonnes) ; aux exportations (257 400 tonnes) figurent des minerais (9500 tonnes), des fers et des rails (16 000 tonnes), des poteaux de mines (154 500 tonnes), des traverses (13 500 tonnes), des planches (19 000 tonnes), des résineux (18 000 tonnes), etc., tous produits qui accèdent par voies ferrées, ou par voies d'eau. La prospérité du port, dont des travaux importants ont assuré l'avenir, est ainsi liée, comme partout ailleurs, au bon aménagement du réseau fluvial dont il est la tête, ou mieux le point de convergence, comme aussi, au développemment économique de la région. Il n'y a pas lieu au surplus, de s'inquiéter de ce que le chiffre des importations l'emporte sur celui des exportations. Le fret de retour est en rapport direct avec l'activité industrielle et agricole de la région dont *Bayonne* est le débouché, et il n'est pas douteux qu'il augmentera beaucoup, le jour, que d'aucuns voient proche, où les *Pyrénées* fourniront leur élément de trafic.

Le Haut Plateau de Bolivie (1). — La *Bolivie*, dont la superficie est de 1 225 000 kilomètres carrés environ, est formée de deux régions très différentes : les hautes terres andines et les

(1) Par A. Dereims, Ann. de Géogr., 1907, pp. 350-359, 3 pl. hors texte et 2 fig.

plaines qui font partie de la grande dépression intérieure de l'Amérique méridionale.

Les hautes terres comprennent : 1° le haut plateau proprement dit, l'*Altiplanicie*, d'une altitude moyenne de 3750 mètres, très nettement encadré entre les deux *Cordillères;* 2° un autre plateau, accolé au sud-est au premier, et qui se poursuit vers le sud en territoire argentin. Ce second plateau, très élevé encore au contact de la *Cordillère*, plus élevé même que la haute plaine, s'abaisse assez régulièrement vers l'est : *Cochabamba* n'est plus qu'à 2800 mètres d'altitude, *Sucre* à 2700 mètres. C'est vers l'est que s'écoulent, suivant la pente, toutes ses eaux tributaires de l'*Amazone* et du *Rio de la Plata*. Il se termine brusquement au nord par un escarpement faisant un angle obtus très ouvert avec la *Cordillère orientale*. Découpée par de nombreuses vallées, la surface de cette région montagneuse où les différences de niveau ne dépassent pas un millier de mètres, est plus irrégulière que celle de l'*Altiplanicie*. Les chaînes font place à un relief de vieux plateau travaillé par l'érosion, tandis que son climat, et sa végétation surtout, la différencient très nettement des hauts plateaux. Par là se fait la transition avec les terres basses.

L'*Altiplanicie* se prolonge vers le nord, en territoire péruvien, au delà du *lac Titicaca*, et vers le midi en territoire chilien, par le plateau ou la *Puna d'Atacama*. La pente est vers le sud ; le *Titicaca* se trouve à 3812 mètres d'altitude, le *lac Poopo*, son déversoir, à 3694 mètres ; la grande *Pampa de Sal*, à l'ouest d'*Uyuni*, est un peu plus basse encore. Mais au delà le sol semble se relever très légèrement dans la direction de la frontière chilienne.

De puissantes chaînes dominent l'*Altiplanicie;* à l'est, la *Cordillera real* avec des cimes (l'*Illimani* et l'*Illampu* ou *Sorata*) dépassant 6400 mètres ; entre ces deux sommets, la pente de la *Cordillère* vers l'est est un véritable abrupt. En moins de 100 kilomètres, on passe des terres froides du plateau à la zone des forêts tropicales.

La chaîne occidentale est moins élevée, quoique l'altitude de certains sommets (le *Sajama*) soit inférieure à 6500 mètres. La pente est encore très forte vers l'ouest, sans ressaut, sans abrupt. Vers l'intérieur, les deux *Cordillères* ont des versants plus adoucis; de petites chaînes secondaires s'y alignent, parallèles aux deux masses latérales, et dépassant rarement de plus d'un millier de mètres la surface du plateau. La *Chilla*, au sud du *Titicaca*, a 4823 mètres; le *Miriquiri*, au nord de *Corocoro*, 4781 mètres.

« Tous les terrains qui affleurent dans la *Cordillère* de l'est, sur l'*Altiplanicie* et dans la partie bolivienne de la *Cordillère* de l'ouest, appartiennent aux formations primaires. Il semble bien que, depuis le début des temps secondaires, toute cette région n'ait plus été recouverte par les eaux marines. Les couches les plus anciennes sont à l'est : la *Cordillera real* est en grande partie silurienne; viennent ensuite, en stratification le plus souvent concordante, des couches dévoniennes, carbonifériennes, puis des grès et des marnes gypsifères qu'on peut rapporter au permien. L'ensemble forme une série de grands plis, compliqués, dans l'*Altiplanicie*, de plissements moins importants... »

On rencontre dans l'*Altiplanicie* quelques nappes d'eau permanentes ou temporaires; au nord, le grand *lac Titicaca* (3812 mètres d'altitude), quinze fois grand comme le *lac de Genève* et profond de 272 mètres. Il a pour déversoir, le *Desaguadero*; celui-ci décharge ses eaux imprégnées du sel enlevé aux couches permiennes salifères qu'il traverse, dans le *lac Poopo*. A la saison pluvieuse, on barre les petits affluents qui descendent au cours d'eau principal, on les laisse s'assécher, et l'on y fait une abondante provision de sel, qu'on découpe en briquettes pour la facilité du transport.

A l'ouest et au nord du *lac Poopo* s'étendent d'autres grandes lagunes, véritables chotts qui ne se remplissent qu'après la saison des pluies, se dessèchent ensuite rapidement et se couvrent d'une croûte saline également exploitée.

Tous ces lacs sont les témoins d'une nappe d'eau plus étendue qui a probablement recouvert, à une époque antérieure, la plus grande partie de l'*Altiplanicie* : on ignore comment ce lac primitif s'est vidé; en tous cas ce n'est pas par la gorge du rio de *La Paz*, car le cas de ce rio est absolument indépendant du processus de desséchement du lac; ce desséchement était un fait accompli, lorsque, par érosion régressive, ce rio a percé la ceinture de l'*Altiplanicie*.

La haute plaine de la *Bolivie* est d'une extrême sécheresse. De mars à octobre il ne tombe pas de pluie; pendant les quatre autres mois de l'année, qui correspondent à l'été de l'hémisphère austral, des orages déterminent des précipitations abondantes. C'est un régime de pluies tropicales. Aussi la *Bolivie*, située tout entière au nord du tropique, ne doit-elle son climat tempéré qu'à sa très grande altitude. La quantité de pluie diminue à mesure qu'on descend vers le sud; des nappes d'eau perma-

nentes y sont impossibles; la *Puna d'Atacama*, au *Chili*, est un véritable désert. Région désertique aussi le nord de l'*Altiplanicie*. Une sécheresse prolongée est presque mortelle à toute végétation; il y a cependant quelques maigres cultures d'orge et de pommes de terre, abandonnées aux *Indiens*, qui travaillent par troupes.

Comment la naissance de villes est-elle possible dans un pareil milieu? Elle s'explique uniquement par la présence de mines; *Corocoro* doit son existence aux mines de cuivre; *Oruro* aux mines d'étain et d'argent; *Huanchaca* aux exploitations argentifères.

La Paz est dans des conditions tout autres. Son altitude est bien inférieure à celle de l'*Altiplanicie*, sa température est plus douce. La vallée de *Sapahaqui*, qui communique avec celle de *La Paz*, est une véritable oasis, où l'on cultive l'asperge, l'artichaut, l'oranger, le citronnier, la vigne, etc. Les *Yungas*, région où s'épanouit toute la végétation tropicale, caféier, cacaoyer, canne à sucre, oranger, etc., se trouve à 90 kilomètres environ de *La Paz*, distance, il est vrai, qu'on ne peut parcourir qu'en dix-sept heures en raison de la nature montagneuse de la contrée. Mais ce beau pays, à population peu dense, n'intéresse qu'indirectement la haute plaine. Celle-ci a ses richesses propres, les mines. Mais il lui manque des bras et des voies de communication commodes.

La population bolivienne est restée en majeure partie indigène. Sur un total de 1 700 000 habitants, on compte 20 p. c. de blancs, presque tous *Espagnols* et 80 p. c. d'*Indiens* et de métis. Les métis, ou *Cholos*, ont pris généralement aux deux races dont ils sont issus plus de défauts que de qualités. Ils sont surveillants ou contremaîtres dans les villages, ouvriers d'art dans les villes.

L'*Altiplanicie* ou les hautes terres boliviennes ne sont pas aujourd'hui d'accès fort facile, et cela n'est pas de nature à favoriser l'immigration des hommes et des capitaux. On n'y arrive que par des voies détournées. Une ligne ferrée péruvienne part de *Mollendo* et monte jusqu'au *lac Titicaca*, qu'on traverse en vapeur pour aller prendre un train qui mène à *La Paz*. Une seconde ligne chilienne part d'*Antofagasta* et monte à *Uyuni*, et de là à *Oruro*, qui va être prochainement relié à *La Paz*.

F. Van Ortroy.

TABLES DES MATIÈRES

DU

DOUZIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LXII DE LA COLLECTION

Livraison de Juillet 1907

STÉPHANE LEDUC A-T-IL CRÉÉ DES ÊTRES VIVANTS? par **M. le Dr Maurice D'halluin** 5

L'ACTION ÉLECTRIQUE DU SOLEIL *(fin)*, par **M. A. Nodon.** 57

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE *(suite)* :

LE PORT DE DÉLOS, par **M. Alphonse Roersch.** . 86

LE PORT DE ROTTERDAM, par le **R. P. Charles, S. J.** 114

LE PORT DE GÊNES AU MOYEN AGE, par **M. J. Hanquet.** 146

LE PORT DE MARSEILLE, par **M. G. Blondel** . . . 162

LE GRISOU *(fin)*, par **M. A. Renier** 183

VARIÉTÉS. — *Les « Essays » de Jean Rey et la pesanteur de l'air*, par le **R. P. Thirion, S. J.** 230

BIBLIOGRAPHIE. — I. Les équations aux dérivées partielles à caractéristiques réelles, par R. d'Adhémar, **Ch.-J. de la Vallée Poussin** 257

II. Theorie des Integrallogarithmus und verwandter Transzendenten, par le Dr Niels Nielsen, **F. W.** 260

III. Les Carrés Magiques, par F. Riollot, **M. O** . . 261

IV. Edward V. Huntington. La Kontinuo, **G. Lechalas** 261

V. Leçons de Mécanique céleste, par H. Poincarré. T. II, 1re partie, **M. O.** 262

VI. Die Kegelschnitte des Gregorius a St Vincentio in vergleichender Bearbeitung von Karl Bopp, **H. Bosmans, S. J.** 264

VII. Per la Edizione nazionale delle Opere di Galileo Galilei, par Antonio Favaro, **H. Bosmans, S. J.** 268
VIII. Traité des Assurances sur la vie, par U. Broggi, **F. W.** 269
IX. Traité de Physique, par O. D. Chwolson, T. I, 3e fasc., **J. T.** 270
X. Traité élémentaire de Physique expérimentale, par L.-V. Van de Vyver, 3e édition, **J. T.** . . 275
XI. Exercices et projets d'Électrotechnique, par Eric Gérard et Omer De Bast, T. I, **M. O.** . . 276
XII. Recherches sur l'Épuration biologique et chimique des Eaux d'égout, par le Dr Calmette, **Dr Joseph Loiselet**. 278
XIII. L'Art et l'Hypnose par Maguin, **G. Lechalas.** 284
XIV. Essai sur la gamme, par Gandillot, **G. Lechalas.** 288
XV. Grundzüge einer vergleichenden Grammatik der Bantusprachen, von Carl Meinhoff, **Ed. De Jonghe** 310
XVI. Ferdinand Brunetière, par l'abbé Th. Delmont, **X.** 314

Revue des Recueils périodiques.

Sylviculture, par **M. C. de Kirwan** 315
Sciences économiques, par **B** 343

Bulletin bibliographique 358

Livraison d'Octobre 1907

La Mouche bleue de la Viande, par **M. J. H. Fabre** . 353
Pascal. L'Horreur du vide et la pression atmosphérique, par le **R. P. Thirion, S. J.** 384
Les Sociétés secrètes au Bas-Congo, par **M. De Jonghe.** 451
Le Principe d'Inertie, par **M. M. de Montcheuil** . . 523
L'Élimination Darwinienne dans la répression, par **M. A. v. d. Mensbrugghe** 578
Variétés. — I. *A propos d'une Histoire des Mathématiques*, par **B. L.** 594
II. *Les Tempêtes dans la Province maritime du Fou-Kien* (Chine) par **L. F., S. J.** 607
Bibliographie. — I. Roberto Bonola. La Geometria non-euclidea, **P. M.** 615
II. Rational Geometry, par G. B. Halsted, **P. M.** . 622
III. Encyclopädie der elementaren Geometrie, par Heinrich Weber, Joseph Wellstein et Walter Jacobsthal, **P. Mansion** 625
IV. De uitvinding der Verrekijkers, par C. de Waard Jr., **H. Bosmans, S. J.** 630
V. Économie forestière, par G. Huffel, **C. de Kirwan.** 637
Revue des Recueils périodiques.
Sciences militaires, par **J. H.** 651
Neurologie, par **L. Boule, S. J.** 667
Sciences économiques, par **B.** 677
Géographie, par **F. Van Ortroy** 685

Imp. Joseph Polleunis, r. Sans-Souci, 45, Ixelles, Tél. 8050

AMNH LIBRARY
100226262